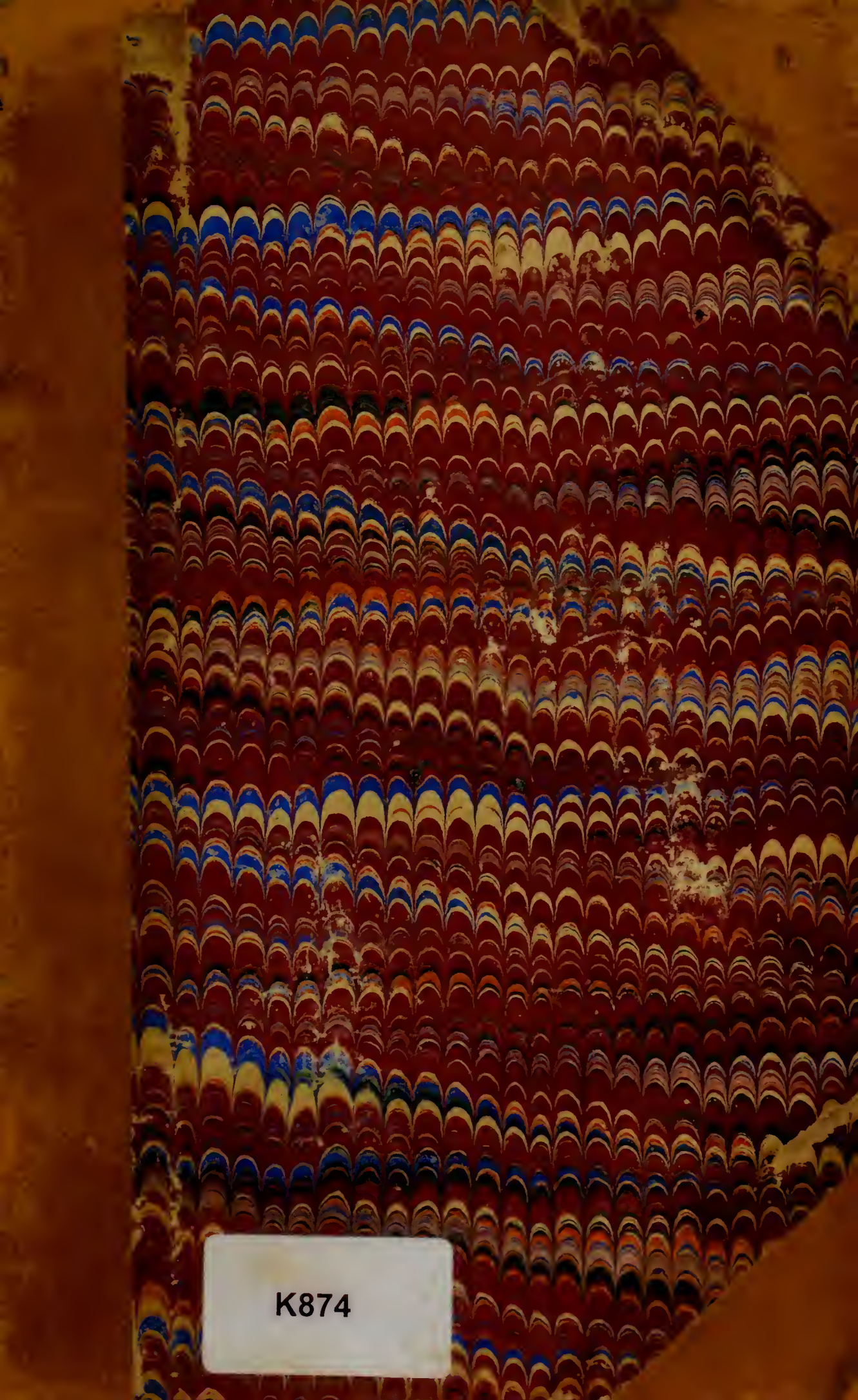

K874

M. VII. e.

19

Med
K874

22900366334

ANLEITUNG

ZUR

QUALITATIVEN CHEMISCHEN

ANALYSE.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

ANLEITUNG

ZUR

QUALITATIVEN CHEMISCHEN ANALYSE

oder

die Lehre von den Operationen,
von den Reagentien und von dem Verhalten der
bekannteren Körper zu Reagentien,

sowie

systematisches Verfahren zur Auffindung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammengesetzten Verbindungen.

Für

ANFÄNGER UND GEÜBTERE

bearbeitet von

DR. C. REMIGIUS FRESENIUS,
Geh. Hofrathe, Director des chemischen Laboratoriums zu Wiesbaden und Professor der Chemie, Physik und Technologie am landwirthschaftlichen Institute daselbst.

Mit einem Vorwort

von

JUSTUS VON LIEBIG.

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

Vierzehnte Auflage.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1874.

92152

7220

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

5215064

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. QP

HERRN

DR. CLAMOR MARQUART,

AUS HOCHACHTUNG UND DANKBARKEIT

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

VORWORT.

Herr Dr. Fresenius, welcher in dem hiesigen Universitäts-Laboratorium den Unterricht der Anfänger in der Mineral-Analyse leitet, hat in den beiden letzten Semestern die Methode befolgt, die in seiner „Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse“ von ihm beschrieben worden ist. Dieser Weg hat sich meiner Erfahrung gemäss ebenso leicht fasslich als einfach und nützlich bewährt, so dass ich seine Methode Allen empfehlen kann, die sich in den Anfangsgründen der Mineral-Analyse unterrichten wollen. Ich betrachte das vorliegende Werk als eine sehr zweckmässige Vorschule für die Benutzung des trefflichen Handbuches vom Professor H. Rose und halte es für den Unterricht in Lehranstalten, und namentlich für Apotheker, besonders geeignet. Die in dem hiesigen Laboratorium gemachten mannigfaltigen neuen Erfahrungen haben Herrn Dr. Fresenius in den Stand gesetzt, sein Werk mit vielen neuen und vereinfachten Scheidungsmethoden auszustatten, so dass es auch Denen willkommen sein wird, welche die grösseren Werke über die Mineral-Analyse schon besitzen.

Giessen, den 6. August 1842.

Justus Liebig.

VORREDE ZUR NEUNTEN AUFLAGE.

„Es ist ein ungemein wohlthuendes Gefühl, wenn eine Arbeit, welche man mit Lust und Liebe begonnen und mit Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit ausgeführt hat, gute Aufnahme und eine gewisse Anerkennung findet.“ Mit diesen Worten begann ich die Vorrede zur siebenten Auflage. Dasselbe Gefühl empfinde ich in erhöhtem Grade, indem ich meine Anleitung zur qualitativen Analyse zum neunten Male herausgebe.

Wie aus den Vorreden zu den früheren Auflagen hervorgeht, hat mich das kleine Werk auf meiner ganzen chemischen Laufbahn begleitet. Da ich die Vorreden nicht nochmals abdrucken lassen will, so gebe ich im Folgenden eine kurze Geschichte des Buches. Ich schrieb den jetzt die zweite Abtheilung bildenden systematischen Gang der qualitativen chemischen Analyse als Student in Bonn im Winter 1840 bis 1841 lediglich zu eigener Uebung, und liess denselben erst dann drucken und als erste Auflage erscheinen, als ich von einem sachkundigen und bewährten Manne, dem ich ihn zur Beurtheilung vorlegte, dazu aufgefordert wurde.

Im Frühjahr 1841 ging ich von Bonn nach Giessen. Dort, als Assistent am Liebig'schen Laboratorium und später als Privatdocent, gab ich das Buch 1842 zum zweiten und 1844 zum dritten Male heraus; dem systematischen Gange der Analyse schickte ich in der zweiten Auflage den propädeutischen Theil voraus, um das Buch zu einem selbstständigen Ganzen zu machen. Schon diese zweite Auflage wurde ins Holländische, Englische, Französische und Italienische übersetzt, sie wurde eingeführt als Leitfaden in vielen der bedeutendsten Laboratorien.

Im Herbst 1845 ging ich nach Wiesbaden. In der Stellung, welche ich anfangs daselbst einnahm, als Professor der Chemie etc. am landwirthschaftlichen Institute, war ich nicht in der Lage, junge Männer in die praktische Chemie einführen zu können. In dieser Periode erschienen die vierte und fünfte Auflage, welche sich nur durch einzelne Umarbeitungen und Verbesserungen, sowie durch Hinzufügung eines die Reactionen und die systematische Ausmittelung der wichtigsten Alkaloide umfassenden Abschnittes, von den vorhergehenden unterschieden.

Im Winter 1847 bis 1848 fasste ich den Plan zur Gründung eines selbstständigen chemischen Laboratoriums am hiesigen Orte und schon im Frühjahre 1848 eröffnete ich es. Die anfangs kleine Anstalt wuchs bald, die Räume erweiterten sich, und jetzt habe ich die Freude, unterstützt von tüchtigen Assistenten, alljährlich eine erhebliche Anzahl strebsamer Schüler in die mir so liebe Wissenschaft einführen zu können.

Dass dies nicht ohne mächtigen Einfluss auf das vorliegende Buch blieb, liegt nahe; die stete Beobachtung der Schüler, welche es unter meinen Augen benutzten, machte es mir möglich, Undeutlichkeiten und Fehler leichter zu erkennen, sie lehrte mich genau, in welcher Richtung ich das Buch umändern, verbessern und ergänzen musste.

Unter diesem wohlthätigen Einflusse erschienen die sechste, siebente und achte Auflage, und auch die neunte, denk' ich, soll ihn nicht verleugnen.

Der siebenten Auflage fügte ich zuerst einen neuen grösseren Abschnitt bei, in welchem das Verfahren bei solchen Analysen aufs Genaueste besprochen ist, die im praktischen Leben besonders häufig vorkommen und ihrer Art nach die Aufstellung eines specielleren Ganges möglich machen. — Dass ich hierdurch meinen Zweck, die praktische Brauchbarkeit des Buches zu erhöhen, in der That erreicht habe, glaube ich getrost aussprechen zu können. Wer nach den angeführten Methoden gearbeitet hat, der wird sich von der Wahrheit meiner in der damaligen Vorrede gegebenen Versicherung überzeugt haben, dass die Methoden nicht am Schreibtische gemacht, sondern im Laboratorium ausgebildet und praktisch bewährt sind.

Auch bei der neunten Auflage habe ich nie ausser Acht gelassen, dass das Buch für Chemiker von Fach nur Vorschule sein soll, während es für die Mehrzahl der Pharmaceuten und Gewerbtreibenden, für Mediciner, für Landwirthe, Kaufleute etc., kurz für alle Diejenigen, welche bei analytischen Uebungen oder Arbeiten nur auf die in der Natur, in Pharmacie, Künsten und Gewerben häufiger vorkommenden Körper hingewiesen sind, als ausreichender Leitfaden beim Studium und als treuer Führer bei praktischen Arbeiten zu dienen bestimmt ist.

Das Buch ist in allen seinen Theilen mit Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit neu durchgesehen, mit Benutzung zahlreicher eigener Erfahrungen und aller literarischen Hülfsmittel verbessert und zum Theil ganz neu bearbeitet. Meinem stets festgehaltenen Grundsatze, nur durch eigene Prüfung Bewährtes aufzunehmen, bin ich durchgängig treu geblieben.

Möge sich das Buch auch in seiner neuen Auflage die alten Freunde erhalten, auch wohl noch neue erwerben.

Wiesbaden, den 29. Juli 1856.

VORREDE ZUR ZEHNTEN AUFLAGE.

Bei der neunten Auflage hatte ich mein Hauptaugenmerk darauf gerichtet, die zweite Abtheilung des Buches, „den systematischen Gang der qualitativen Analyse," nach Wesen und Form zu verbessern. Bei Bearbeitung der vorliegenden zehnten Auflage verwandte ich dagegen alle Sorgfalt auf eine genaue Durchsicht und Umarbeitung des dritten Abschnittes der ersten Abtheilung, welcher von dem Verhalten der Körper zu Reagentien handelt. In den übrigen Theilen des Buches finden sich nur wenige, aber einige wesentliche Verbesserungen.

Wiesbaden, den 12. November 1859.

VORREDE ZUR ELFTEN AUFLAGE.

In den Zeitraum, welcher zwischen der Herausgabe der zehnten und elften Auflage meiner Anleitung zur qualitativen Analyse liegt, fällt eine der schönsten und wichtigsten Bereicherungen, welche der chemischen Analyse seit Decennien zu Theil geworden, die Spectralanalyse. Ich habe in der neuen Auflage diesen Gegenstand in einer, wie ich glaube, seiner Bedeutung entsprechenden und dem Leserkreise des Buches angemessenen Weise behandelt.

Ausser dem darauf Bezüglichen und damit im Zusammenhange Stehenden sind eine Reihe weiterer Abschnitte neu aufgenommen worden, indem ich in der elften Auflage zum ersten Male alle Elemente in den Kreis der Beobachtung gezogen habe. — Bei dem Umstande, dass eine immer grössere Zahl von Verbindungen seltener Elemente theils als Reagentien in Gebrauch gekommen ist, theils anderweitig Verwendung in der Chemie und Industrie gefunden hat und findet, erschien diese Erweiterung nothwendig.

Um aber dem Buche seine Brauchbarkeit für Anfänger in keiner Weise zu benehmen, habe ich die Elemente und Verbindungen, welchen man bei Untersuchung von Mineralien, von Gewässern, Industrieproducten, Arzneimitteln, Pflanzenaschen etc. häufiger begegnet, und auf deren Studium der Anfänger zunächst angewiesen ist, in gewöhnlicher, die seltener vorkommenden aber in kleinerer Schrift behandelt. Diese Einrichtung belässt somit im grösser Gedruckten das Buch in seiner bisherigen Einrichtung und bietet zugleich für Geübtere in Betreff der selteneren Elemente und Verbindungen die erforderliche Belehrung.

Das Buch ist im Uebrigen in allen Theilen aufs Sorgfältigste neu durchgesehen und mit allen werthvollen Errungenschaften der letzten Jahre bereichert.

Wiesbaden, im April 1862.

VORREDE ZUR ZWÖLFTEN AUFLAGE.

Bei Bearbeitung der zwölften Auflage habe ich es mir zur Aufgabe gemacht, das Buch in allen seinen Theilen aufs Genaueste durchzusehen. Es wurden dabei meine vielfachen eigenen Erfahrungen und alle literarischen Hülfsmittel sorgfältig und gewissenhaft benutzt. Manches konnte weggelassen, nicht Weniges musste verändert, Vieles aber zugesetzt werden, denn die Wissenschaft schreitet raschen Schrittes voran. Neu hinzugefügt sind die Abschnitte über Thallium und Indium, deren Entdeckung in den Zeitraum zwischen dem Erscheinen der elften und zwölften Auflage fällt. Wennschon ich mich redlich bemüht habe, durch gedrängte Darstellung das Buch nicht zu sehr anschwellen zu lassen, so liess es sich doch bei dem stets wachsenden Stoff nicht vermeiden, dass es etwas stärker wurde; denn gilt auch mit Recht Kürze als ein Vorzug, so darf doch darunter die Deutlichkeit nie leiden.

Wiesbaden, den 30. December 1865.

VORREDE ZUR DREIZEHNTEN AUFLAGE.

Die dreizehnte Auflage ist eine in allen Theilen sorgfältig und genau revidirte. — Ich habe in derselben die in den früheren Auflagen gebrauchte Nomenclatur und die sogenannten älteren Formeln beibehalten, weil ein Buch, wie das vorliegende, welches für sehr verschiedene Kreise bestimmt ist und hauptsächlich praktisch-wissenschaftlichen Zwecken dient, sich an dem gegenwärtig wogenden Kampfe theoretischer Vorstellungen nicht betheiligen darf, sondern eine Sprache zu wählen hat, deren Berechtigung — von allem Anderen abgesehen — darin liegt, dass dieselbe von allen Chemikern verstanden wird.

Wiesbaden, am 15. Juli 1869.

Der Verfasser.

VORREDE ZUR VIERZEHNTEN AUFLAGE.

Die vierzehnte Auflage meiner Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse ist im Wesentlichen ein unveränderter Abdruck der dreizehnten Auflage. — Zu einer weitergehenden Umarbeitung lag kein Grund vor. —

Auch die Schreibweise der Formeln habe ich nicht geändert. Die von mir von Anfang an gebrauchten dualistischen Aequivalent-Formeln erleichtern nach meiner langjährigen Erfahrung und festen Ueberzeugung das Studium der Reactionen und das Ueberblicken aller für die chemische Analyse wichtigen Verhältnisse in so hohem Maasse, dass ich mich nicht allein für berechtigt, sondern geradezu für verpflichtet halte, dieselben in meinen Anleitungen zur qualitativen und quantitativen Analyse beizubehalten.

Wiesbaden, am 5. Mai 1874.

Der Verfasser.

INHALT.

Erste Abtheilung.

Propädeutik der qualitativen chemischen Analyse.

Seite

Ueber Begriff, Aufgabe, Zweck, Nutzen und Gegenstand der qualitativen chemischen Analyse und über die Bedingungen, worauf ein erfolgreiches Studium derselben beruht 3

Erster Abschnitt.

Die Operationen. §. 1 5
1. Die Auflösung. §. 2 . . . . . —
2. Die Krystallisation. §. 3 8
3. Die Fällung. §. 4 9
4. Die Filtration. §. 5 10
5. Die Decantation. §. 6 12
6. Das Auswaschen. §. 7 . . . . . —
7. Die Dialyse. §. 8 13
8. Das Abdampfen. §. 9 15
9. Die Destillation. §. 10 16
10. Das Glühen. §. 11 17
11. Die Sublimation. §. 12 18
12. Das Schmelzen und Aufschliessen. §. 13 . . . . . —
13. Die Verpuffung. §. 14 20
14. Die Anwendung des Löthrohrs. §. 15 . . . . . —
15. Die Anwendung der Lampen, insbesondere der Gaslampen. §. 16 . 25
16. Die Beobachtung der Flammenfärbung und die Spectral-Analyse. §. 17 33

Anhang zum ersten Abschnitt.

Apparate und Geräthschaften. §. 18 39

Zweiter Abschnitt.

Die Reagentien. §. 19 42

Seite

A. Reagentien auf nassem Wege.

I. Einfache Lösungsmittel.

1. Wasser. §. 20 45
2. Alkohol. §. 21 46
3. Aether,
4. Chloroform und
5. Schwefelkohlenstoff. §. 22 46

II. Säuren und Halogene. §. 23.

a. Sauerstoffsäuren.

1. Schwefelsäure. §. 24 48
2. Salpetersäure. §. 25 50
3. Essigsäure. §. 26 51
4. Weinsteinsäure. §. 27 . . . . . —

b. Wasserstoffsäuren und Halogene.

1. Chlorwasserstoffsäure. §. 28 52
2. Chlor und Chlorwasser. §. 29 53
3. Königswasser. §. 30 54
4. Kieselfluorwasserstoffsäure. §. 31 55

c. Sulfosäuren.

1. Schwefelwasserstoff. §. 32 56

III. Basen und Metalle. §. 33.

a. Sauerstoffbasen.

α. Alkalien.

1. Kali und Natron. §. 34 62
2. Ammon. §. 35 64

β. Alkalische Erden.

1. Baryt. §. 36 65
2. Kalk. §. 37 66

γ. Schwere Metalle und Oxyde derselben.

1. Zink. §. 38 67
2. Eisen . . . . . —
3. Kupfer . . . . . —
4. Wismuthoxydhydrat. §. 39 . . . . . —

b. Sulfobasen.

1. Schwefelammonium. §. 40 68
2. Schwefelnatrium. §. 41 70

IV. Salze.

a. Salze der Alkalien.

1. Schwefelsaures Kali. §. 42 70
2. Phosphorsaures Natron. §. 43 71
3. Oxalsaures Ammon. §. 44 . . . . . —

Seite
4. Essigsaures Natron. §. 45 72
5. Kohlensaures Natron. §. 46 . . . . . —
6. Kohlensaures Ammon. §. 47 73
7. Zweifach-schwefligsaures Natron. §. 48 74
8. Salpetrigsaures Kali. §. 49 . . . . . —
9. Zweifach-chromsaures Kali. §. 50 75
10. Antimonsaures Kali. §. 51 . . . . . —
11. Molybdänsaures Ammon. §. 52 76
12. Chlorammonium. §. 53 77
13. Cyankalium. §. 54 . . . . . —
14. Ferrocyankalium. §. 55 79
15. Ferridcyankalium. §. 56 . . . . . —
16. Rhodankalium oder Schwefeleyankalium. §. 57 . . . . . —

b. Salze der alkalischen Erden.

1. Chlorbaryum. §. 58 80
2. Salpetersaurer Baryt. §. 59 81
3. Kohlensaurer Baryt. §. 60 . . . . . —
4. Schwefelsaurer Kalk. §. 61 82
5. Chlorcalcium. §. 62 . . . . . —
6. Schwefelsaure Magnesia. §. 63 83

c. Salze der Oxyde der Schwermetalle.

1. Schwefelsaures Eisenoxydul. §. 64 83
2. Eisenchlorid. §. 65 84
3. Salpetersaures Silberoxyd. §. 66 85
4. Essigsaures Bleioxyd. §. 67 . . . . . —
5. Salpetersaures Quecksilberoxydul. §. 68 86
6. Quecksilberchlorid. §. 69 . . . . . —
7. Schwefelsaures Kupferoxyd. §. 70 87
8. Zinnchlorür. §. 71 . . . . . —
9. Platinchlorid. §. 72 88
10. Natrium-Palladiumchlorür. §. 73 . . . . . —
11. Goldchlorid. §. 74 . . . . . —

V. Farbstoffe und indifferente Pflanzensubstanzen.

1. Reagenspapiere. §. 75 89
2. Indigolösung 91

B. Reagentien auf trockenem Wege.

I. Aufschliessungs- und Zersetzungsmittel.

1. Kohlensaures Natron-Kali. §. 76 91
2. Barythydrat. §. 77 93
3. Fluorcalcium. §. 78 94
4. Salpetersaures Natron. §. 79 . . . . . —
5. Saures schwefelsaures Kali. §. 80 . . . . . —

II. Löthrohrreagentien.

1. Kohlensaures Natron. §. 81 95
2. Cyankalium. §. 82 . . . . . —

Seite
3. Borax. §. 83 96
4. Phosphorsalz. §. 84 97
5. Salpetersaures Kobaltoxydul. §. 85 98

Dritter Abschnitt.

Verhalten der Körper zu Reagentien. §. 86 99

A. Verhalten der Metalloxyde und ihrer Radicale. §. 87.

Erste Gruppe. §. 88 100
a. Kali. §. 89 101
b. Natron. §. 90 103
c. Ammon. §. 91 104
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 92 105
Caesiumoxyd, Rubidiumoxyd, Lithion. §. 93 107
Zweite Gruppe. §. 94 110
a. Baryt. §. 95 . . . . . —
b. Strontian. §. 96 112
c. Kalk. §. 97 114
d. Magnesia. §. 98 115
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 99 118
Dritte Gruppe. §. 100 120
a. Thonerde. §. 101 121
b. Chromoxyd. §. 102 123
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 103 124
Beryllerde, Thorerde, Zirkonerde, Yttererde, Erbinerde, Ceroxyde, Lanthanoxyd, Didymoxyd, Titansäure, Tantalsäure, Niobsäure. §. 104 125
Vierte Gruppe. §. 105 135
a. Zinkoxyd. §. 106 136
b. Manganoxydul. §. 107 138
c. Nickeloxydul. §. 108 140
d. Kobaltoxydul. §. 109 142
e. Eisenoxydul. §. 110 145
f. Eisenoxyd. §. 111 146
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 112 148
Oxyde des Urans, Thalliums, Indiums und Vanads. §. 113 150
Fünfte Gruppe. §. 114 155
Erste Abtheilung:
a. Silberoxyd. §. 115 . . . . . —
b. Quecksilberoxydul. §. 116 156
c. Bleioxyd. §. 117 158
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 118 160
Zweite Abtheilung:
a. Quecksilberoxyd. §. 119 . . . . . —
b. Kupferoxyd. §. 120 162
c. Wismuthoxyd. §. 121 165
d. Cadmiumoxyd. §. 122 167
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 123 168
Palladiumoxydul, Rhodiumoxyd, Oxyde des Osmiums und Rutheniums. §. 124 169

Seite
Sechste Gruppe. §. 125 172
Erste Abtheilung:
a. Goldoxyd. §. 126 173
b. Platinoxyd. §. 127 174
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 128 176
Zweite Abtheilung:
a. Zinnoxydul. §. 129 176
b. Zinnoxyd. §. 130 178
c. Antimonoxyd. §. 131 180
d. Arsenige Säure. §. 132 184
e. Arsensäure. §. 133 194
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 134 196
Iridiumoxyd, Oxyde des Molybdäns, Wolframs, Tellurs, Selens. §. 135 200

B. Verhalten der Säuren und ihrer Radicale (§. 136).

Uebersicht der Säuren 205

I. Anorganische Säuren.

Erste Gruppe. §. 137 206
Erste Abtheilung:
Chromsäure. §. 138 207
Schweflige, unterschweflige und Jodsäure. §. 139 209
Zweite Abtheilung:
Schwefelsäure. §. 140 211
Kieselfluorwasserstoffsäure. §. 141 212
Dritte Abtheilung:
a. Phosphorsäure. §. 142 213
Zwei- und einbasische Phosphorsäure. §. 143 217
b. Borsäure. §. 144 218
c. Oxalsäure. §. 145 220
d. Fluorwasserstoffsäure. §. 146 221
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 147 224
Phosphorige Säure. §. 148 226
Vierte Abtheilung:
a. Kohlensäure. §. 149 . . . . . —
b. Kieselsäure. §. 150 228
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 151 230
Zweite Gruppe:
a. Chlorwasserstoffsäure. §. 152 231
b. Bromwasserstoffsäure. §. 153 232
c. Jodwasserstoffsäure. §. 154 235
d. Cyanwasserstoffsäure. §. 155 237
Ferro- und Ferridcyanwasserstoffsäure 240
e. Schwefelwasserstoffsäure. §. 156 241
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 157 243
Salpetrige, unterchlorige, chlorige und unterphosphorige Säure. §. 158 246
Dritte Gruppe:
a. Salpetersäure. §. 159 248
b. Chlorsäure. §. 160 250

Seite
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 161 251
Ueberchlorsäure. §. 162 . . . . . —

II. Organische Säuren.

Erste Gruppe:
a. Oxalsäure 251
b. Weinsteinsäure. §. 163 252
c. Citronensäure. §. 164 254
d. Aepfelsäure. §. 165 256
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 166 258
Traubensäure. §. 167 259
Zweite Gruppe:
a. Bernsteinsäure. §. 168 260
b. Benzoësäure. §. 169 261
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 170 262
Dritte Gruppe:
a. Essigsäure. §. 171 263
b. Ameisensäure. §. 172 264
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 173 266
Milchsäure, Propionsäure, Buttersäure. §. 174 266

Zweite Abtheilung.

Systematischer Gang der qualitativen chemischen Analyse.

Ueber den Gang einer qualitativen chemischen Analyse im Allgemeinen und über den Plan der vorliegenden zweiten Abtheilung insbesondere . . 271

Erster Abschnitt.

Praktisches Verfahren, allgemeiner Gang.

I. Einleitende Prüfung. §. 175 274
A. Der zu untersuchende Körper ist fest:
1. Er ist weder ein reguliniches Metall, noch eine Legirung. §. 176 . . . . . —
2. Er ist ein reguliniches Metall oder eine Legirung. §. 177 281
B. Der zu untersuchende Körper ist eine Flüssigkeit. §. 178 . —
II. Auflösung der Körper oder Eintheilung derselben nach ihrem Verhalten zu gewissen Lösungsmitteln. §. 179 282
A. Der Körper ist weder ein reguliniches Metall, noch eine Metalllegirung. §. 180 283
B. Der Körper ist ein Metall oder eine Metalllegirung. §. 181 285
III. Eigentliche Untersuchung.
Einfache Verbindungen.
A. In Wasser lösliche Körper.
Auffindung der Base. §. 182 286
Auffindung der Säure:

Seite
I. Einer anorganischen. §. 183 293
II. Einer organischen. §. 184 295
B. In Wasser unlösliche oder schwer lösliche, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser lösliche Körper.
Auffindung der Base. §. 185 298
Auffindung der Säure:
I. Einer anorganischen. §. 186 300
II. Einer organischen. §. 187 302
C. In Wasser, in Salzsäure, Salpetersäure und Königswasser unlösliche oder schwer lösliche Körper.
Auffindung der Base und Säure. §. 188 303
Zusammengesetzte Verbindungen.
A. In Wasser oder in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser lösliche Körper.
Auffindung der Basen. §. 189 305
I. Man hat eine rein wässerige Lösung . . . . . —
Auffindung des Silbers und Quecksilberoxyduls 306
II. Man hat eine salzsaure oder eine Königswasserlösung . . 309
III. Man hat eine salpetersaure Lösung . . . . . —
Auffindung des Silbers und Quecksilberoxyduls . . . . . —
Behandlung mit Schwefelwasserstoff, Fällung der Metalloxyde der Gruppe V. 2. und VI. §. 190 . . . . . —
Behandlung des Schwefelwasserstoffniederschlages mit Schwefelammonium, Trennung der Gruppe V. 2. von VI. §. 191 310
Ermittelung der Metalle der Gruppe VI.: Arsen, Antimon, Zinn, Gold, Platin. §. 192 312
Ermittelung der Metalloxyde der Gruppe V. 2.: Bleioxyd, Wismuthoxyd, Kupferoxyd, Cadmiumoxyd, Quecksilberoxyd. §. 193 315
Fällung mit Schwefelammonium, Abscheidung und Ermittelung der Oxyde der Gruppe III. und IV.: Thonerde, Chromoxyd, — Zinkoxyd, Manganoxydul, Nickeloxydul, Kobaltoxydul, Eisenoxyde, — sowie der phosphorsauren etc. alkalischen Erden. §. 194 318
Abscheidung und Ermittelung der durch kohlensaures Ammon bei Gegenwart von Salmiak fällbaren Oxyde der Gruppe II.: Baryt, Strontian, Kalk. §. 195 326
Prüfung auf Magnesia. §. 196 328
Prüfung auf Kali und Natron. §. 197 329
Prüfung auf Ammon. §. 198 330
A. 1. In Wasser lösliche Körper.
Auffindung der Säuren:
I. Bei Abwesenheit organischer Säuren. §. 199 330
II. Bei Anwesenheit organischer Säuren. §. 200 334
A. 2. In Salzsäure, Salpetersäure od. Königswasser lösliche Körper.
Auffindung der Säuren:
I. Bei Abwesenheit organischer Säuren. §. 201 337
II. Bei Anwesenheit organischer Säuren. §. 202 338
B. In Wasser und in Säuren unlösliche oder schwer lösliche Körper.
Ausmittelung der Basen, Säuren und Metalloide. §. 203 . . 339

Seite

Zweiter Abschnitt.

Praktisches Verfahren in besonderen Fällen.

I. Besonderes Verfahren zur Zerlegung in Wasser unlöslicher Cyan-, beziehungsweise Ferrocyan- etc. Verbindungen. §. 204 344
II. Analyse der Silicate. §. 205 346
A. Durch Säuren zersetzbare Silicate. §. 206 347
a. Durch Salzsäure oder Salpetersäure zerlegbare . . . . —
b. Nur durch concentrirte Schwefelsäure zerlegbare . . . 349
B. Durch Säuren nicht zersetzbare Silicate. §. 207 . . . . . —
C. Durch Säuren theilweise zersetzbare Silicate. §. 208 . . . 351
III. Analyse natürlicher Gewässer. §. 209 352
A. Untersuchung der gewöhnlichen süssen Gewässer. §. 210 . . 353
B. Untersuchung der Mineralwasser. §. 211 357
1. Untersuchung des Wassers.
a. Arbeiten an der Quelle. §. 212 358
b. Arbeiten im Laboratorium. §. 213 359
2. Untersuchung der Sinterabsätze. §. 214 365
IV. Analyse der Acker- oder Walderde. §. 215 367
1. Bereitung des Wasserauszuges und Untersuchung desselben. §. 216 369
2. Bereitung des Säureauszuges und Untersuchung desselben. §. 217 371
3. Untersuchung der in Wasser und Säuren unlöslichen anorganischen Substanzen. §. 218 372
4. Untersuchung der organischen Bestandtheile des Bodens. §. 219 —
V. Auffindung anorganischer Körper bei Gegenwart von organischen. §. 220 373
1. Allgemeine Regeln zur Auffindung anorganischer Körper bei Gegenwart von organischen Substanzen, welche durch Farbe, Consistenz oder sonstige Eigenschaften die Anwendung der Reagentien oder das Erkennen der hervorgebrachten Erscheinungen hindern. §. 221 . . . . . —
2. Auffindung organischer Gifte in Speisen, Leichnamen etc., in gerichtlich chemischen Fällen. §. 222 376
I. Verfahren zur Ausmittelung des Arsens (mit gleichzeitiger Berücksichtigung aller anderen Metallgifte). §. 223 377
A. Verfahren zur Auffindung ungelöster arseniger Säure . 378
B. Verfahren zur Auffindung in Wasser löslicher Arsen- und anderer Metallverbindungen mittelst der Dialyse. §. 224 379
C. Verfahren zur Auffindung des Arsens, in welcher Verbindungsform es sich auch befinden mag, welches zugleich eine Gewichtsbestimmung desselben gestattet und auch die Gegenwart oder Abwesenheit anderer Metallgifte erkennen lässt. §. 225 380
II. Verfahren zur Ausmittelung der Blausäure. §. 226 389
III. Verfahren zur Ausmittelung des Phosphors. §. 227 391
3. Untersuchung der anorganischen Bestandtheile von Pflanzen, Thie-

Seite

ren oder Theilen derselben, von Düngern etc. (Aschenanalyse). §. 228 398
A. Darstellung der Asche . . . . . —
B. Untersuchung der Asche . . . . . —
a. Untersuchung des in Wasser lösliehen Antheils . . . . —
b. Untersuchung des in Salzsäure lösliehen Antheils . . . 400
c. Untersuchung des in Salzsäure unlöslichen Rückstandes 401

Dritter Abschnitt.

Erklärung des praktisehen Verfahrens, Zusätze und Bemerkungen zu demselben.

I. Bemerkungen zur einleitenden Prüfung, zu §§. 175 — 178 402
II. Bemerkungen zur Auflösung der Körper u. s. w., zu §§. 179 — 181 . 403
III. Bemerkungen zur eigentlichen Untersuchung, zu §§. 182 — 204 . . 405
A. Allgemeine Uebersicht und Erklärung des analytischen Ganges.
a. Auffindung der Basen . . . . . —
b. Auffindung der Säuren 409
B. Besondere Bemerkungen und Zusätze zum Gange der Analyse.
Zu §. 189 413
Zu §. 190 und 191 415
Zu §. 192 417
Zu §. 193 . . . . . —
Zu §. 194 418
Zu §. 195 — 198 420
Zu §. 203 . . . . . —
Zu §. 204 421

Anhang.

Verhalten der wichtigsten officinellen Alkaloide zu Reagentien und deren Ausmittelung in systematischem Gange. §. 229 423
A. Allgemeine Reagentien auf Alkaloide. §. 230 424
B. Eigenschaften und Reactionen der einzelnen Alkaloide:
I. Flüchtige Alkaloide 427
1. Nicotin. §. 231 . . . . . —
2. Coniin. §. 232 429
II. Nicht flüchtige Alkaloide 431
Erste Gruppe:
Morphin. §. 233 . . . . . —
Zweite Gruppe:
a. Narcotin. §. 234 434
b. Chinin. §. 235 437
c. Cinchonin. §. 236 438
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 237 . . . 440

Seite

Dritte Gruppe:
a. Strychnin. §. 238 440
b. Brucin. §. 239 443
c. Veratrin. §. 240 445
d. Atropin. §. 241 447
Zusammenstellung und Bemerkungen. §. 242 . . . 448
C. Eigenschaften und Reactionen von einigen stickstofffreien, den Alkaloiden nahe stehenden Körpern.
a. Salicin. §. 243 449
b. Digitalin. §. 244 . . . . . —
c. Pikrotoxin. §. 245 450

Systematischer Gang zur Auffindung der abgehandelten Alkaloide sowie des Salicins, Digitalins und Pikrotoxins.

I. Auffindung der genannten nicht flüchtigen Alkaloide etc. in Lösungen, in welchen nur eines derselben vorausgesetzt wird. §. 246 451
II. Auffindung der genannten nicht flüchtigen Alkaloide etc. in Lösungen, in welchen mehrere oder alle vorausgesetzt werden. §. 247 454
III. Ausmittelung der Alkaloide, sowie des Digitalins und Pikrotoxins bei Gegenwart extractiver und färbender, vegetabilischer oder animalischer Materien 458
1. Methode von Stas zur Auffindung giftiger Alkaloide (sowie des Digitalins u. Pikrotoxins) modificirt von J. Otto. §. 248 . . . . . —
2. Verfahrungsweisen zur Nachweisung des Strychnins, welche auf der Anwendung des Chloroforms beruhen. §. 249 . . 463
3. Methode, welche Graham und A. W. Hofmann anwendeten, um Strychnin im Bier nachzuweisen. §. 250 464
4. Abscheidung durch Dialyse. §. 251 465
II. Allgemeines Schema, nach dem man die Substanzen, welche zur Erlernung der qualitativen Analyse untersucht werden sollen, zweckmässig auf einander folgen lässt. §. 252 465
III. Darstellung der Resultate bei den zur Uebung analysirten Substanzen. §. 253 468
IV. Zusammenstellung der häufiger vorkommenden Formen und Verbindungen der beachteten Körper, mit besonderer Berücksichtigung der Classen, in welche sie nach ihrer Löslichkeit in Wasser, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser gehören. §. 254 470

ERSTE ABTHEILUNG.

PROPÄDEUTIK

DER

QUALITATIVEN CHEMISCHEN ANALYSE.

Ueber

Begriff, Aufgabe, Zweck, Nutzen und Gegenstand

der

qualitativen chemischen Analyse

und

über die Bedingungen,

worauf ein erfolgreiches Studium derselben beruht.

Die Chemie ist, wie bekannt, die Wissenschaft, welche uns die Stoffe, aus denen unsere Erde besteht, ihre Zusammensetzung und Zersetzung, überhaupt ihr Verhalten zu einander kennen lehrt. Eine besondere Abtheilung derselben wird mit dem Namen analytische Chemie bezeichnet, insofern sie einen bestimmten Zweck, nämlich die Zerlegung (die Analyse) zusammengesetzter Körper und die Ausmittelung ihrer Bestandtheile verfolgt. Wird bei dieser Ausmittelung der Bestandtheile nur auf die Art derselben Rücksicht genommen, so ist die Analyse eine qualitative, soll aber die Menge jedes einzelnen Stoffes erforscht werden, so ist sie eine quantitative. Die erstgenannte hat daher zur Aufgabe, die Bestandtheile einer unbekannten Substanz in schon bekannten Formen darzustellen, so dass diese neuen Formen sichere Schlüsse auf die Anwesenheit der einzelnen Stoffe gestatten. Der Werth ihrer Methode hängt von zwei Umständen ab, sie muss nämlich erstens unfehlbar und zweitens möglichst schnell zum Ziele führen. — Die Aufgabe der quantitativen Analyse hingegen ist, die durch die qualitative Untersuchung bekannt gewordenen Stoffe in Formen darzustellen, welche eine möglichst scharfe Gewichtsbestimmung zulassen, oder auf andere Art die Ermittelung ihrer Quantität herbeizuführen.

Die Wege, auf welchen diese verschiedenen Zwecke erreicht werden, weichen, wie natürlich, sehr von einander ab. Es muss daher das Studium der qualitativen und quantitativen Analyse getrennt, und der Natur der Sache nach mit der Erlernung der ersteren der Anfang gemacht werden.

Nachdem so der Begriff und die Aufgabe der qualitativen Analyse im Allgemeinen festgestellt ist, müssen zuerst die Vorkenntnisse, welche zur Beschäftigung damit berechtigen, der Rang, welchen sie überhaupt

im Gebiete der Chemie einnimmt, die Gegenstände, auf die sie sich erstreckt und ihr Nutzen erwogen, sodann aber die Hauptpunkte, auf welche ihr Studium sich stützt, die Hauptabtheilungen, in welche es zerfällt, in Betrachtung gezogen werden.

Eine Beschäftigung mit qualitativen Untersuchungen setzt vor Allem eine Bekanntschaft mit den chemischen Elementen und ihren wichtigsten Verbindungen, wie auch mit den Grundsätzen der Chemie voraus, und erfordert Uebung in der Erklärung chemischer Processe. Sie verlangt ferner strenge Ordnung, grösste Reinlichkeit und ein gewisses Geschick beim Arbeiten. Kommt hierzu noch die Gewöhnung, in allen Fällen, in welchen der Erfahrung widersprechende Erscheinungen eintreten, den Fehler stets zuerst an sich, oder vielmehr an dem Mangel einer zum Eintreten der Erscheinung nothwendigen Bedingung zu suchen, wie diese Gewöhnung ja aus dem festen Vertrauen auf die Unveränderlichkeit der Naturgesetze hervorgehen muss, so ist Alles gegeben, das Studium der analytischen Chemie zu einem erfolgreichen zu machen.

Obgleich sich nun die chemische Analyse auf die allgemeine Chemie stützt und ohne Kenntnisse in derselben nicht ausgeübt werden kann, so muss sie andererseits auch als ein Hauptpfeiler betrachtet werden, auf dem das ganze Wissenschaftsgebäude ruht; denn sie ist für alle Theile der Chemie, der theoretischen sowohl als der angewandten, fast von gleicher Wichtigkeit, und der Nutzen, den dieselbe dem Arzte, dem Pharmaceuten, dem Mineralogen, dem rationellen Landwirthe, dem Techniker und Anderen gewährt, bedarf keiner Auseinandersetzung.

Es wäre dies gewiss Ursache genug, die Sache mit möglichster Gründlichkeit, mit ernstem Eifer zu betreiben, brächte die Beschäftigung damit auch eben keine Annehmlichkeit mit sich, wie sie dies doch Jedem, der sich ihr mit Lust und Liebe hingibt, unzweifelhaft thun muss. Denn der menschliche Geist hat ein Streben nach Wahrheit, er gefällt sich im Lösen von Räthseln, und wo böten sich ihm mehr, bald leichter, bald schwerer zu lösende, als eben hier. Wie aber ein Räthsel, eine Aufgabe, deren Lösung wir nach längerem Sinnen nicht finden können, den Geist unlustig macht und entmuthigt, so ist dies auch bei jeder chemischen Untersuchung der Fall, wenn man dabei seinen Zweck nicht erreicht hat, wenn die Resultate nicht den Stempel der Wahrheit, der unumstösslichen Gewissheit tragen. Es muss daher ein Halbwissen, wie überall, so ganz besonders hier, für schlimmer als ein Nichtwissen erachtet und vor oberflächlicher Beschäftigung mit der chemischen Analyse ganz vorzüglich gewarnt werden.

Eine qualitative Untersuchung kann man in zweifacher Absicht anstellen, entweder nämlich zum Beweise, dass irgend ein bestimmter Körper in einer Substanz vorhanden oder nicht vorhanden sei, z. B. Kalk in Brunnenwasser; oder zweitens zur Nachweisung aller Bestandtheile einer chemischen Verbindung oder eines Gemenges. — Gegenstand einer chemischen Analyse aber kann, wie natürlich, jeder Körper sein.

Da aber nicht alle Elemente für die praktische Chemie von gleicher Wichtigkeit sind, indem nur eine gewisse Anzahl derselben in der Natur verbreiteter vorkommt und in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft Bedeutung hat, während die anderen fast nur Bestandtheile selten vorkommender Mineralien sind, so werden in dem vorliegenden Werke, um Anfängern das Studium und praktischen Chemikern die Arbeit zu erleichtern, nur jene Elemente sammt ihren wichtigeren Verbindungen ausführlich, diese dagegen kürzer und in einer Weise behandelt, dass man das Studium derselben von dem jener ohne Schwierigkeit trennen kann.

Das Studium der qualitativen Analyse beruht nun hauptsächlich auf vier Punkten, nämlich erstens auf der Bekanntschaft mit den Operationen, zweitens auf dem Kennen der Reagentien und ihrer Anwendung, drittens auf der Kenntniss des Verhaltens der Körper zu den Reagentien, und viertens auf dem Verstehen des bei jeder Untersuchung einzuschlagenden systematischen Ganges.

Da sich hieraus ergibt, dass die chemische Analyse nicht nur ein Wissen, sondern auch ein Können erfordert, so liegt der Schluss nahe, dass weder eine bloss geistige Beschäftigung damit, noch ein rein empirisches Betreiben derselben zum Ziele führen kann, und dass dahin nur die vereinten Wege der Theorie und der Praxis gelangen lassen.

Erster Abschnitt.

Die Operationen.

§. 1.

Die Verrichtungen, wodurch man chemische Processe herbeiführt und die dadurch gewonnenen Educte oder Producte isolirt, werden mit dem Namen „chemische Operationen“ bezeichnet. Diese Verrichtungen sind in der synthetischen wie in der analytischen Chemie die nämlichen; sie erleiden nur, in Folge des abweichenden Zweckes und der geringen Quantitäten, mit denen man bei Analysen zu thun hat, gewisse Modificationen.

Die hauptsächlichsten bei qualitativen Untersuchungen in Anwendung kommenden Operationen sind folgende.

§. 2.

1. Die Auflösung.

Nimmt man das Wort Auflösung in seiner allgemeinsten Bedeutung, so versteht man darunter die Vereinigung irgend eines Körpers mit einer

Flüssigkeit zu einem homogenen Liquidum. Ist dieser Körper gasförmig, so wird die Auflösung Absorption, ist er flüssig, öfters Mischung genannt, ist er aber fest, so hat man eine Auflösung im engeren oder im gewöhnlichen Sinne.

Eine Auflösung wird um so mehr erleichtert, je feiner zertheilt der aufzulösende Körper ist. Die Flüssigkeit, wodurch die Lösung bewirkt wird, heisst das Auflösungsmittel. Geht dieses mit dem gelösten Körper eine chemische Verbindung ein, so ist die Auflösung eine chemische, geht es hingegen keine bestimmte Verbindung mit demselben ein, so hat man eine einfache Lösung. In einer solchen ist der gelöste Körper unverbunden, mit allen seinen ursprünglichen Eigenschaften, insofern dieselben nicht von seiner Form abhängig sind, enthalten; er scheidet sich unverändert ab, wenn das Lösungsmittel entfernt wird. Lässt man z. B. Kochsalz in Wasser zergehen, so hat man eine einfache Lösung. Der Geschmack derselben ist wie der des Salzes. Man erhält dieses in ursprünglicher Gestalt wieder, wenn man das Wasser verdunsten lässt. — Eine einfache Lösung heisst gesättigt, wenn das Lösungsmittel so viel von dem aufzulösenden Körper aufgenommen hat, als es vermag. Flüssigkeiten lösen aber im Durchschnitt um so grössere Mengen eines Körpers auf, je höher ihre Temperatur ist. Es kann sich also der Ausdruck — gesättigt — immer nur auf eine bestimmte Temperatur beziehen und es muss als Regel betrachtet werden, dass Erwärmung einfache Lösungen erleichtert und beschleunigt.

Eine chemische Lösung enthält den aufgelösten Körper nicht in dem Zustande und mit den Eigenschaften, die er zuvor besass; er ist nicht frei darin enthalten, sondern mit dem Lösungsmittel, welches seine Eigenschaften ebenfalls eingebüsst hat, zu einem neuen Körper innig verbunden, daher die Lösung jetzt die Eigenschaften dieses neu entstandenen Körpers zeigt. Eine chemische Lösung kann zwar durch Temperaturerhöhung ebenfalls beschleunigt werden, und sie wird es auch in der Regel, indem ja Erwärmung die Einwirkung der Körper auf einander überhaupt begünstigt; die Quantität des gelösten Körpers aber bleibt bei einer gegebenen Menge des Lösungsmittels auch bei verschiedenen Wärmegraden immer dieselbe, sie ist eine unabänderliche, eine von der Temperatur unabhängige.

Bei der chemischen Lösung nämlich haben das Lösungsmittel und der Körper, auf welchen es einwirkt, stets entgegengesetzte Eigenschaften; ihr Bestreben ist Ausgleichung dieses Gegensatzes. Ist dieses Bestreben befriedigt, so fehlt der Grund zur weiteren Auflösung; es bleiben also weitere Quantitäten des festen Körpers unverändert. Die Lösung heisst alsdann ebenfalls gesättigt oder besser neutralisirt; der Punkt aber, welcher die beendigte Ausgleichung bezeichnet, heisst der Sättigungs- oder Neutralitätspunkt.

Die Stoffe, welche chemische Lösungen bewirken, sind in den meisten Fällen entweder Säuren oder Alkalien. Sie bedürfen mit wenigen

Ausnahmen zuvor eines einfachen Lösungsmittels, um als Flüssigkeiten zu erscheinen. Hat sich der Gegensatz zwischen Säure und Base ausgeglichen, und ist die neue Verbindung entstanden, so erfolgt der wirkliche Uebergang in flüssige Form nur dann, wenn der neue Körper die Eigenschaft hat, von der vorhandenen Flüssigkeit zu einer einfachen Lösung aufgenommen zu werden. Bringt man z. B. eine Auflösung von Essigsäure in Wasser mit Bleioxyd zusammen, so erfolgt zuerst eine chemische Verbindung der Säure mit dem Oxyd, sodann eine einfache Lösung des entstandenen essigsauren Bleioxyds in dem vorhandenen Wasser.

Auflösungen werden in chemischen Laboratorien nur selten so bewerkstelligt, dass man den zu lösenden Körper in einem mit Ausguss versehenen Mörser mit dem allmählich zuzusetzenden Lösungsmittel abreibt (wie dies in Apotheken häufig geschieht); man digerirt oder erhitzt vielmehr gewöhnlich die Substanzen mit der Flüssigkeit in Bechergläsern, Kochflaschen, Proberöhren oder Schalen. — Bei chemischen Lösungen ist es in der Regel am besten, den zu lösenden Körper zuerst mit Wasser (oder der überhaupt in Anwendung kommenden indifferenten Flüssigkeit) zusammenzubringen und dann allmählich die chemisch einwirkende Substanz zuzufügen. Man vermeidet so einen grossen Ueberschuss der letzteren, verhütet eine zu heftige Einwirkung und bewirkt, dass die Auflösung leicht und vollständig erfolgt. Nicht selten trifft es sich nämlich, dass das bei der chemischen Vereinigung entstehende Product sich nicht löst, wenn ein Ueberschuss des chemisch einwirkenden Lösungsmittels vorhanden ist. In dem Falle umhüllen die erst entstehenden, in der vorhandenen Flüssigkeit unlöslichen Theile des Salzes die noch ungelösten Partien und schwächen oder verhindern die weitere Einwirkung; so löst sich Witherit (kohlensaurer Baryt) leicht, wenn man ihn, gepulvert, mit Wasser übergiesst und allmählich Chlorwasserstoffsäure zufügt, schwer und unvollkommen dagegen, wenn man ihn in eine irgend concentrirte Lösung von Chlorwasserstoffsäure in Wasser einträgt; denn Chlorbarium löst sich zwar leicht in Wasser, aber nicht in wässeriger Salzsäure.

Den Gegensatz zur Auflösung machen die zwei folgenden Operationen, die Krystallisation und die Präcipitation, in der Art, wie sie am häufigsten vorgenommen werden, indem sie in der Regel das Ueberführen eines flüssigen oder gelösten Körpers in feste Form zum Zwecke haben. Da beide im Durchschnitt auf derselben Ursache, nämlich auf dem Mangel an Lösungsmitteln beruhen, so ist ihre scharfe Begrenzung unmöglich, sie gehen in vielen Fällen in einander über. Wir betrachten jedoch beide gesondert, da sie sich in ihren exstremen Formen wesentlich unterscheiden, und da die speciellen Zwecke, welche wir durch dieselben zu erreichen suchen, meist sehr verschieden sind.

§. 3.

2. Die Krystallisation.

Man versteht darunter im weiteren Sinne jede Operation, jeden Vorgang, wodurch ein Körper in eine feste, mathematisch bestimmbare, regelmässige Form übergeführt wird. Da jedoch solche Formen, welche wir Krystalle nennen, um so regelmässiger, also vollkommener, werden, je langsamer die Operation eingeleitet wird, so verbindet man mit Krystallisation stets den Nebenbegriff der langsamen Ausscheidung, des allmählichen Ueberganges in feste Form. Die Bildung der Krystalle hängt von der gesetzmässigen Anordnung der kleinsten Körpertheilchen ab; sie kann bloss stattfinden, wenn diesen freie Bewegung möglich ist, also in der Regel nur, wenn ein Körper aus flüssigem oder gasförmigem Zustande in den festen übergeht. Die Fälle, in denen ein blosses Glühen oder Erweichen eines starren Körpers schon hinreicht, dem Streben der kleinsten Körpertheilchen nach gesetzmässiger Anordnung (nach Krystallbildung) Folge zu geben, sind als Ausnahmen zu betrachten, z. B. das Trübwerden (die Krystallisation) des Gerstenzuckers, wenn er feucht wird.

Um eine Krystallisation einzuleiten, müssen in der Regel die Ursachen der flüssigen oder Gasform eines Körpers aufgehoben werden. Diese Ursachen sind entweder nur Wärme, z. B. bei geschmolzenen Metallen, oder nur Lösungsmittel, wie bei einer wässerigen Kochsalzsolution, oder beide vereinigt, wie bei einer heiss gesättigten Lösung des Salpeters in Wasser. Im ersten Falle erhält man also Krystalle durch Abkühlung, im zweiten durch Verdunstung und im dritten durch jedes der beiden Mittel. Der am häufigsten vorkommende Fall ist die Krystallisation durch Abkühlung heiss gesättigter Lösungen. — Flüssigkeiten, welche nach der Ausscheidung der Krystalle zurückbleiben, nennt man Mutterlaugen. — Starre Körper, welche weder Krystallform noch überhaupt krystallinisches Gefüge haben, heissen amorphe Körper.

Die Absicht bei der Krystallisation ist meistens entweder die Gewinnung des krystallisirten Körpers in fester Form, oder die Trennung desselben von anderen neben ihm in derselben Flüssigkeit aufgelösten Substanzen. Häufig bietet auch die Krystallgestalt und das Verhalten der Krystalle beim Stehen an der Luft, ihre Unveränderlichkeit, Verwitterbarkeit oder Zerfliesslichkeit, ein treffliches Mittel zur Unterscheidung von im Uebrigen ähnlichen Körpern, z. B. des schwefelsauren Natrons von schwefelsaurem Kali. — Krystallisationen nimmt man in der Regel in Schalen oder — bei ganz kleinen Mengen — in Uhrgläsern vor.

Wünscht man aus kleinen Flüssigkeitsmengen gut ausgebildete Krystalle, so lässt man jene an der Luft, besser noch unter einer Glasglocke, unter der sich auch ein offenes, halb mit concentrirter Schwefelsäure gefülltes Gefäss befindet, verdunsten. — Zur genaueren Beobachtung sehr kleiner Krystalle bedient man sich der Lupe oder des Mikroskops.

§. 4.

3. Die Fällung oder Präcipitation.

Sie unterscheidet sich von der Krystallisation dadurch, dass bei einer Fällung der Uebergang des gelösten Körpers in feste Form nicht wie bei jener allmählich, sondern plötzlich, oder wenigstens mehr oder minder rasch erfolgt, gleichgültig ob der sich abscheidende Körper krystallinisch oder amorph ist, ob er in der Flüssigkeit untersinkt, schwebt oder aufsteigt. Eine Fällung wird entweder veranlasst durch die Veränderung des Lösungsmittels, — so scheidet sich Gyps aus seiner Auflösung in Wasser augenblicklich ab, wenn man dieses durch Zusatz von Alkohol in verdünnten Weingeist verwandelt; — oder sie ist Folge der Ausscheidung eines in der vorhandenen Flüssigkeit unlöslichen Eductes, — so wird metallisches Kupfer gefällt, wenn man die Lösung des Chlorkupfers mit Zink in Berührung bringt, denn es wird dadurch abgeschieden und ist in dem vorhandenen Wasser nicht auflöslich; — oder die Ursache einer Fällung ist endlich das Entstehen neuer in der vorhandenen Flüssigkeit unlöslicher Verbindungen durch einfache oder doppelte Affinität (Wahlverwandtschaft), — so entsteht eine Fällung von oxalsaurem Kalk, wenn man essigsaurer Kalklösung Oxalsäure zusetzt, — von chromsaurem Bleioxyd, wenn gelöstes chromsaures Kali mit gelöstem salpetersaurem Bleioxyd vermischt wird. Bei solchen Zersetzungen durch einfache oder doppelte Affinität bleibt meistens eine der entstehenden Verbindungen, oder auch der educirte Körper, aufgelöst, wie in den angeführten Beispielen das Chlorzink, die Essigsäure und das salpetersaure Kali. Es können jedoch auch Fälle eintreten, in welchen sich Educt und Product oder zwei Producte niederschlagen und in der Flüssigkeit Nichts gelöst bleibt, z. B. beim Vermischen von schwefelsaurer Magnesialösung mit Barytwasser, oder beim Fällen einer Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd mit Chlorbaryum.

Der Zweck einer Fällung ist entweder, wie bei der Krystallisation, Gewinnung einer Substanz in fester Form, oder Trennung eines Körpers von anderen in derselben Lösung enthaltenen Stoffen. In der qualitativen Analyse dient diese Operation auch besonders häufig zur Erkennung von Körpern an der Farbe, überhaupt den Eigenschaften und dem Verhalten derselben, wenn sie isolirt oder in einer Verbindung niedergeschlagen werden. — Der feste Körper, welcher sich bei einer Fällung abscheidet, heisst Niederschlag oder Präcipitat, die Substanz, welche die Abscheidung unmittelbar veranlasst, das Fällungsmittel. Die Niederschläge werden je nach ihrer Beschaffenheit zu näherer Bezeichnung verschieden benannt; so unterscheidet man krystallinische, pulverige, flockige, käsige, gelatinöse Niederschläge u. s. w. — Niederschläge, welche dem unbewaffneten Auge nur pulverig erscheinen, geben sich — unter dem Mikroskope betrachtet — nicht selten als aus lauter kleinen, oft sehr regelmässigen Kryställchen bestehend zu erkennen, und häufig lassen sich auf diese Weise scheinbar gleich

aussehende Niederschläge leicht und sicher unterscheiden. — Sind Niederschläge so fein zertheilt und so gering, dass ihre Theilchen nicht deutlich unterschieden werden können, und die Flüssigkeiten, in welchen sie suspendirt sind, nur unklar erscheinen, so bedient man sich der Ausdrücke Trübung, getrübt. — Die Abscheidung flockiger Niederschläge wird in der Regel durch starkes Schütteln, die Ausscheidung krystallinischer durch Umrühren und Reiben der von der Flüssigkeit benetzten Gefässwände mit einem Glasstabe, die Abscheidung der meisten Niederschläge endlich durch Erwärmen begünstigt. Je nach Umständen nimmt man daher Fällungen bald in Proberöhrchen, bald in Kolben, bald in Bechergläsern oder Schalen vor.

Zur mechanischen Trennung einer Flüssigkeit von einem darin suspendirten Körper wendet man bei der Analyse je nach den Umständen zwei verschiedene Operationen an, die Filtration und die Decantation.

§. 5.

4. Die Filtration.

Man erreicht durch diese Operation den eben angeführten Zweck, indem man die Flüssigkeit, welche von den darin befindlichen festen Körpertheilchen getrennt werden soll, sammt diesen auf einen Seihapparat giesst, und zwar in der Regel auf ein in einen Trichter zweckmässig gelegtes ungeleimtes Papier (Filter), da ein solches die Flüssigkeit leicht durchsickern lässt, die festen Theilchen aber vollständig zurückhält. Man wendet glatte und faltige Filter an, erstere, wenn der abzufiltrirende feste Körper benutzt werden soll, letztere — welche ein rascheres Filtriren gestatten — wenn es nur darauf ankommt, die durchlaufende Flüssigkeit (das Filtrat) klar zu erhalten. Die glatten Filter, welche so in den Trichter eingesetzt werden, dass sie überall fest anliegen, erhält man durch doppeltes Zusammenfalten eines kreisrunden Papiers, so dass die Falten rechte Winkel bilden. Die Anfertigung der faltigen Filter, welche in verschiedener Weise bewerkstelligt werden kann, lässt sich besser zeigen als beschreiben. Wenn der Inhalt des Filters ausgewaschen werden soll, dürfen die Filter nicht über den Rand des Trichters hervorragen. — In den meisten Fällen ist es vortheilhaft, das Filter vor dem Aufgiessen anzufeuchten, weil das Filtriren alsdann nicht nur schneller von Statten geht, sondern auch von dem abzufiltrirenden Körper weniger leicht etwas durch die Poren gerissen wird. Das Papier, welches man zum Filtriren wählt, muss möglichst frei sein von unorganischen Substanzen, namentlich solchen, welche von Säuren gelöst werden (Eisenoxyd, Kalk). Nur selten entsprechen die käuflichen Filtrirpapiere in dieser Beziehung strengeren Anforderungen, und für feine Analysen empfehle ich daher

unbedingt ein Auswaschen des anzuwendenden Papiers mit Säure und Wasser. — Man bedient sich hierzu zweckmässig des in Fig. 1 dargestellten Apparates. *A* ist eine Flasche mit abgesprengtem Boden, bei *a* und *b* liegen Glasplatten, zwischen diesen die fertig geschnittenen und gefalteten Filter. In den Stopfen *c* ist eine kurze Glasröhre *d* eingepasst, und an diese der kleine Kautschukschlauch *e* befestigt, welchen man unten durch ein eingeschobenes Glasstäbchen oder einen Quetschhahn verschliesst. Die Flasche wird mit einer Mischung von 1 Theil Salzsäure von 1,12 specif. Gewicht und 2 Theilen Wasser bis über *a* gefüllt und bleibt 12 Stunden stehen, dann öffnet man den Verschluss an *e* und lässt die Säure vollständig abfliessen. Nach wiederhergestelltem Verschlusse füllt man die Flasche mit klarem Brunnen- oder Regenwasser, lässt eine Stunde stehen, dann abfliessen, und wiederholt dies Auswaschen mit Brunnen- oder Regenwasser, bis das zuletzt ablaufende nicht mehr stark sauer reagirt; von jetzt an setzt man das Auswaschen mit destillirtem Wasser fort, bis eine ablaufende Probe des Waschwassers mit einigen Tropfen einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd vermischt, sich nicht mehr trübt. Die so ausgewaschenen Filter werden schliesslich, auf Fliesspapierunterlage und mit Fliesspapier bedeckt, auf einem Siebe im Trockenschranke getrocknet. — Handelt es sich nur um das Auswaschen weniger Filter, so legt man diese in einander gefaltet wie beim Filtriren in einen Trichter, betröpfelt sie mit mässig verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure und wäscht sie nach einiger Zeit mit Wasser, zuletzt mit destillirtem, vollständig aus. — Ausser von seiner Reinheit hängt die Güte des Filtrirpapiers davon ab, dass es Flüssigkeiten rasch durchlaufen lässt,

Fig. 1.

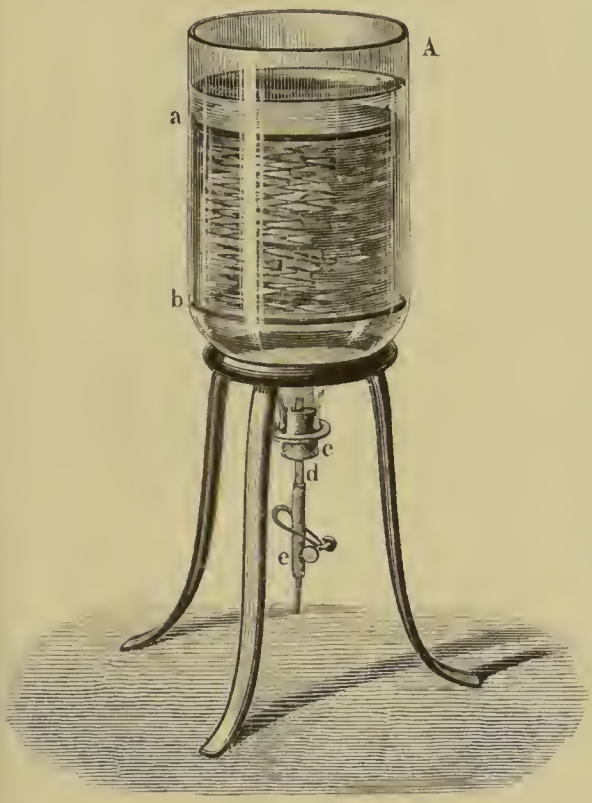
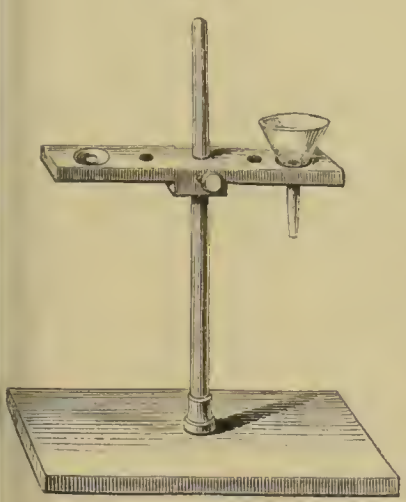


Fig. 2.



darin suspendirte Niederschläge aber, und zwar auch die feinpulverigen (schwefelsauren Baryt, oxalsauren Kalk), vollständig zurückhält. Vermag man kein Papier zu erhalten, welches beiden Anforderungen genügt, so ist es zweckmässig, zwei Sorten vorräthig zu halten, ein dichteres zum Abscheiden sehr feiner Niederschläge und ein poröseres zum schnellen Abfiltriren gröberer Theilchen.

Die Trichter müssen von Glas oder Porzellan sein (§. 18. 10.); sie werden am besten auf ein Filtrirgestell gesetzt, welches denselben eine feste Lage sichert. Für die kleineren Filtrationen, wie sie bei qualitativen Analysen vorzukommen pflegen, ist folgende Form und Einrichtung der Gestelle zu empfehlen (Fig. 2, a. vor. S.).

Das Filtriren unter Anwendung von Saugvorrichtungen bespreche ich in meiner Anleitung zur quantitativen Analyse.

§. 6.

5. Die Decantation oder das Abgiessen.

Man bedient sich dieser Operation häufig statt des Filtrirens, wenn die abzuscheidenden festen Theilchen ein bedeutend grösseres specifisches Gewicht als die Flüssigkeit, von der sie zu trennen sind, haben. Sie sinken alsdann schnell unter und setzen sich auf dem Boden ab, so dass man die überstehende Flüssigkeit entweder durch Neigen des Gefässes abgiessen oder mittelst eines Hebers oder einer Pipette abnehmen kann. — In manchen Fällen muss man sich der Decantation statt des Filtrirens bedienen, um Niederschläge von Flüssigkeiten, in welchen sie sich befinden, vollständig zu befreien, nämlich dann, wenn ein Niederschlag so gelatinös oder schleimig ist, dass er, auf das Filter gebracht, die Poren desselben rasch verstopft; in dem Falle würde in der That ein vollständiges Auswaschen des Niederschlages auf dem Filter unmöglich sein. — Zuweilen verbindet man Decantation und Filtration in der Art, dass man zwar den Niederschlag möglichst in dem Gefässe lässt, in welchem er sich abgesetzt hat, die Flüssigkeit aber — um sie völlig klar zu erhalten — durch ein Filter abgiesst.

§. 7.

6. Das Auswaschen oder Aussüssen.

Ist bei dem Filtriren oder Decantiren das Gewinnen des festen Körpers Zweck, so muss derselbe durch wiederholtes Waschen von der ihm noch anhängenden Flüssigkeit befreit werden. Diese Operation heisst Auswaschen oder Aussüssen. — Zum Auswaschen eines auf einem Filter gesammelten Niederschlages bedient man sich meistens der Spritzflasche (Fig. 3).

Die Zeichnung bedarf keiner weiteren Erklärung. Die Röhre *a* ist vorn in eine mässig feine offene Spitze ausgezogen. Bläst man in die stumpfwinklige Röhre, so wird aus *a* ein Wasserstrahl mit einer gewissen

Heftigkeit herausgetrieben. Ein solcher ist alsdann zum Abspülen eines Niederschlages besonders geeignet. Spritzflaschen von der angegebenen Einrichtung haben den Vortheil, dass sie auch gebraucht werden können, wenn mit heissem Wasser ausgewaschen werden soll. Um die mit siedendem Wasser gefüllten besser halten zu können, versieht man sie entweder mit einer Handhabe oder man umgibt den Hals mit Kork und umbindet ihn dann mit Schnur. — Das Auswaschen beim Decantiren vollführt man einfach, indem man nach dem Abgiessen der Flüssigkeit den Niederschlag mit Wasser oder der sonstigen zum Auswaschen bestimmten Flüssigkeit aufrührt, ihn wieder absitzen lässt, neuerdings abgiesst etc.

Fig. 3.

Da von dem richtigen Auswaschen eines Niederschlages oft das Gelingen einer analytischen Operation geradezu abhängt, so sei gleich hier bemerkt, dass man sich daran gewöhnen muss, die Operation erst dann zu beendigen, wenn man den Zweck derselben auch wirklich erreicht hat. Dies ist aber in der Regel erst dann der Fall, wenn der Niederschlag von der anhängenden Flüssigkeit vollständig befreit ist. Man verlasse sich dabei nicht auf Schätzen und Meinen, sondern verschaffe sich Gewissheit durch geeignete Prüfung des zuletzt ablaufenden Waschwassers. Ist der durch Auswaschen zu entfernende Körper ein fixer, so genügt es meistens, einen Tropfen des Waschwassers langsam auf Platinblech zu verdampfen; vollständige Verflüchtigung lässt erkennen, dass man das Ziel erreicht hat.

§. 8.

7. Die Dialyse.

Zur Trennung gewisser gelöster Körper von anderen in derselben Lösung befindlichen wendet man zuweilen eine Operation an, welche — oberflächlich betrachtet — mit der Filtration eine gewisse Aehnlichkeit zu haben scheint, aber in Wirklichkeit von ihr aufs Wesentlichste verschieden ist, nämlich die Dialyse. Sie ist erst in neuerer Zeit von Graham in die Wissenschaft eingeführt worden (Annal. der Chem. u. Pharm. 121. 63.) und beruht auf dem ungleichen Verhalten in Wasser gelöster Körper zu feuchten Membranen. Eine Classe von Körpern, die Krystalloide, haben die Fähigkeit, geeignete Membranen, mit denen ihre Lösung in Berührung ist, zu durchdringen, — der zweiten Classe, den Colloiden, geht diese Eigenschaft ab, und man kann daher jene von diesen mit Hülfe der Membranwirkung trennen. Zu den Krystalloiden gehören alle krystallisirbaren Körper; zu den Colloiden die der Krystallisation nicht fähigen, wie Leim, Gummi, Dextrin, Caramel, Gerbsäure, Eiweiss, Extractiv-

stoffe, Kieselsäurehydrat etc. — Die Membran muss aus einer colloidalen Materie bestehen, z. B. aus thierischer Haut oder, und zwar am besten, aus Pergamentpapier, und auf der anderen Seite mit Wasser in Berührung sein. Die Wirkung erklärt Graham daraus, dass die Krystalloide sich das Wasser, welches die colloidale Zwischenwand aufgenommen hat, aneignen und so ein Medium für die Diffusion erhalten, während die gelösten Colloide das von der Membran aufgenommene Wasser nicht abzuscheiden und somit auch die Wandung nicht zu durchdringen vermögen. Als geeignete Apparate zu dialytischen Versuchen empfehlen sich die in Fig. 4 und 5 dargestellten. Bei Fig. 4 kommt die der Dialyse zu unterwerfende Flüssigkeit in das unten mit Pergamentpapier überbundene offene glockenförmige Glasgefäss, bei Fig. 5 in den unten mit Pergamentpapier über-

Fig. 4.

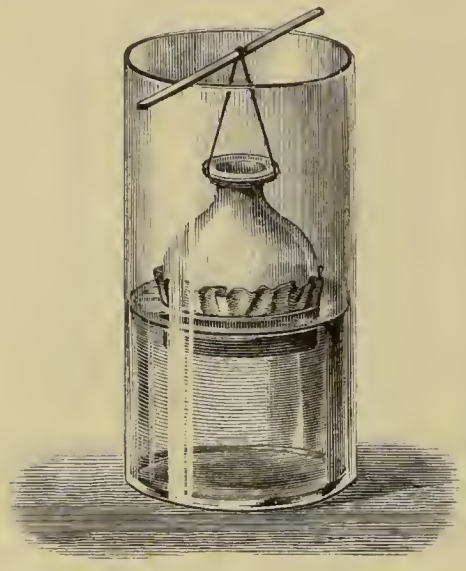
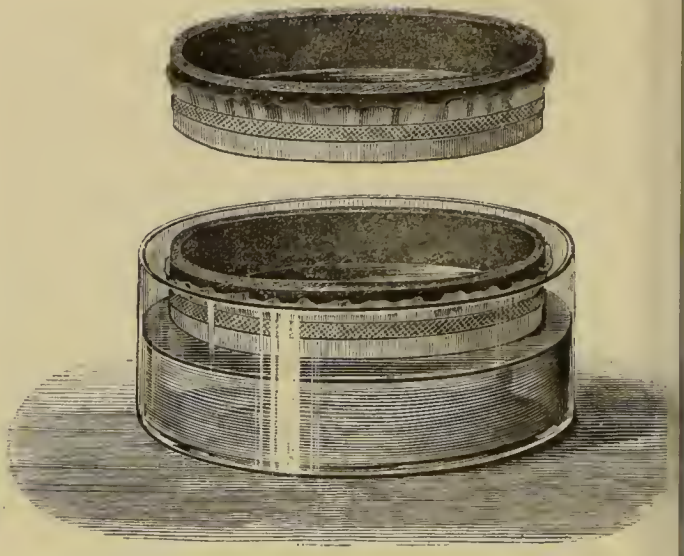


Fig. 5.



bundenen Reif. Der letztere besteht aus Holz oder besser aus Guttapercha. Die Pergamentpapierscheiben, mit welchen Glocke oder Reif überspannt werden sollen, müssen 3 oder 4 Zoll grösser sein als deren Grundfläche; sie werden befeuchtet übergespannt und mittelst Schnur oder elastischer Bänder befestigt, sollen aber nicht ganz fest angezogen sein. Das Pergamentpapier darf nicht porös sein; man prüft es, indem man es auf der oberen Seite mit reinem Wasser befeuchtet und beobachtet, ob sich nicht auf der unteren feuchte Stellen zeigen. Finden sich Fehlstellen, so müssen sie — durch Auftragen von flüssigem Eiweiss und nachheriges Coaguliren desselben durch Erwärmen — verbessert werden. Wenn der Dialysator fehlerfrei hergestellt ist, giesst man die zu untersuchende Masse in denselben. Ist dieselbe ganz flüssig, so kann man die Glocke wählen, enthält sie aber auch ungelöste feste Substanzen, so zieht man den Reif vor. Man sorgt dabei, dass die Flüssigkeit im Dialysator höchstens eine $^1/_2$ Zoll hohe Schicht bildet und veranlasst dann, dass die Membran in das Wasser im äusseren Gefässe, dessen Menge mindestens viermal so gross als die der zu dialysirenden Flüssigkeit sein soll, etwas eintaucht. Zu dem Ende

hängt man die Glocke zweckmässig in der in der Figur angedeuteten Weise auf, — den Reif aber lässt man einfach auf dem Wasser schwimmen. Nach 24 Stunden findet man die Hälfte bis drei Viertel der Krystalloidsubstanzen in dem äusseren Wasser, während die Colloidsubstanzen im Dialysator bleiben; höchstens gehen Spuren derselben mit in die äussere Flüssigkeit über. Bringt man den Dialysator wiederholt mit neuen Wassermengen in Berührung, so gelingt es, den Colloidsubstanzen schliesslich alle Krystalloidsubstanzen zu entziehen. Die Dialyse kann namentlich bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen oft gute Dienste thun, um giftige Krystalloide aus colloidalen Leichentheilen etc. auszuziehen.

Der Operationen, durch welche man flüchtige Substanzen von minder oder nicht flüchtigen trennt, hat man vier, das Abdampfen, die Destillation, das Glühen und die Sublimation. Von diesen beziehen sich die ersten beiden stets auf Flüssigkeiten, die zwei anderen auf feste Körper.

§. 9.

8. Das Abdampfen.

Es ist eine der am häufigsten in Anwendung kommenden Operationen. Man stellt sie immer an, wenn man eine flüchtige Flüssigkeit von einem anderen minder oder nicht flüchtigen Körper, gleichgültig ob dieser flüssig oder fest ist, trennen will, im Falle bei dieser Trennung nur dieser zurückbleibende Körper gewonnen werden, der sich verflüchtigende aber unberücksichtigt bleiben soll; — also zum Beispiel, um der Lösung eines Salzes einen Theil des Wassers zu entziehen, damit das Salz krystallisire, — oder wenn man aus der Lösung eines nicht krystallisirbaren Körpers alles Wasser entfernen will, um denselben in trockner Form zu haben u. s. w. In beiden Fällen gibt man das sich verflüchtigende Wasser verloren und will nur im ersten Falle eine concentrirtere Flüssigkeit, im letzteren einen trocknen Körper gewinnen. Man erreicht diese Zwecke stets dadurch, dass man die zu entfernende Flüssigkeit in Gasform bringt, also in den gewöhnlichen Fällen durch Erhitzen derselben; zuweilen auch, indem man die Flüssigkeit längere Zeit mit der Atmosphäre, oder mit einer durch hygroskopische Substanzen (Schwefelsäurehydrat, Chlorcalcium etc.) stets trocken erhaltenen, abgeschlossenen Luftmenge in Berührung lässt; oder endlich in manchen Fällen, indem man die Flüssigkeit bei gleichzeitiger Anwendung hygroskopischer Substanzen in einen luftverdünnten Raum bringt. — Da bei qualitativen Analysen vor Allem jede Verunreinigung zu vermeiden ist, und eine solche um so eher stattfindet, je länger sich die Operation hinzieht, so dampft man in der Regel am besten ziemlich rasch, direct über Weingeist- oder Gasflammen, in Porzellan- oder Platinschalen an einem abgeschlossenen, staub-

freien Orte ab und zwar in der Regel am besten an einem solchen, der gleichzeitig den Abzug der Dämpfe aus dem Arbeitsraume gestattet. — Steht ein solcher nicht zu Gebot, so muss man zu dem ungleich misslicheren Mittel, die Schale zu bedecken, seine Zuflucht nehmen. Es kann dies zweckmässig mittelst eines grossen Glastrichters geschehen, den man in einen Retortenhalter so einklemmt, dass zwischen seinen Rändern und denen der Schale genügender Platz bleibt. Man gibt dem Trichter eine etwas schräge Lage, damit die herabfliessenden Tropfen in einem Glase aufgefangen werden können. Will man die Schale mit Papier bedecken, so muss dasselbe eben so rein sein, wie zum Filtriren, indem sonst durch die Dämpfe (namentlich wenn sie sauer sind) Eisenoxyd, Kalk etc. aufgelöst und durch die herabfallenden Tropfen in die Flüssigkeit übergeführt werden. — Dass diese Vorsichtsmaassregeln nur bei feineren Untersuchungen erforderlich sind, liegt auf der Hand. Grössere Quantitäten von Flüssigkeiten werden zuweilen zweckmässig in schiefstehenden, mit einer Kappe von reinem Filtrirpapier bedeckten Glaskolben oder auch in tubulirten Retorten mit schräg aufwärts gerichtetem Halse und offenem Tubulus über der Gasflamme oder über Kohlenfeuer abgedampft. — Muss das Abdampfen bei 100° C. vorgenommen werden, so bedient man sich, sofern kein geeigneter Dampfapparat zu Gebote steht, des in Fig. 6 abgebildeten Wasserbades. — Ein Abdampfen zur Trockne führt man nicht gern über freiem Feuer, sondern entweder im Wasserbade, im Sandbade oder auf einer erhitzten Eisenplatte aus. — Ein unangenehmer Umstand beim Abdampfen ist, dass Porzellanschalen und Glasgefässe, die man beim Verdampfen grösserer Flüssigkeitsmengen nicht wohl vermeiden kann, ein wenig angegriffen werden, so dass die abdampfende Flüssigkeit durch die Bestandtheile des Porzellans oder Glases mehr oder weniger verunreinigt wird, was bei feineren Analysen oft sehr störend ist. Ich deute diesen Punkt, der bei der quantitativen Analyse ausführlicher zu erörtern ist, hier blos an und bemerke nur noch, dass man es namentlich vermeiden muss, alkalische Flüssigkeiten in Glasgefässen abzudampfen, denn jene greifen in Siedehitze das Glas schon sehr merklich an.

Fig. 6.

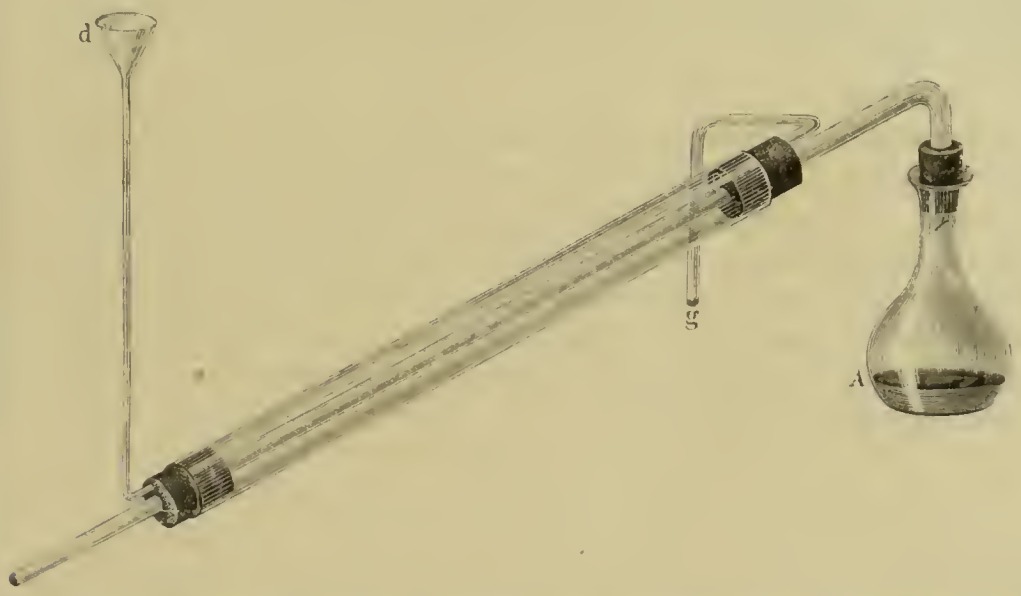
§. 10.

9. Die Destillation.

Sie hat die Trennung einer flüchtigen Flüssigkeit von einem weniger oder nicht flüchtigen festen oder flüssigen Körper zum Zweck, wenn dabei die sich verflüchtigende Flüssigkeit wieder gewonnen werden soll. Um diesen Zweck zu erreichen, muss man Sorge tragen, dass die Flüssigkeit aus der Dampfform, in welcher sie entfernt wurde, wieder in die tropfbar flüssige Form zurückgeführt werde. Bei einem Destillations-

apparate sind also jederzeit drei Theile zu unterscheiden, gleichgültig ob dieselben getrennt werden können oder nicht; nämlich erstens ein Gefäss, in welchem die zu destillirende Flüssigkeit erhitzt, also in Dampfform übergeführt wird, — zweitens eine Vorrichtung, in der die Dämpfe abgekühlt, also wieder in die tropfbar-flüssige Form zurückgeführt werden, — und drittens eins, in welchem die durch Abkühlung der Dämpfe erhaltene Flüssigkeit (das Destillat) sich ansammelt. Im Grossen bedient man sich metallener Apparate (kupferner Destillirblasen mit Helm und Kühlröhren von Zinn) oder auch grosser Glasretorten; bei analytischen Arbeiten dagegen wendet man entweder kleine Glasretorten mit Vorlagen, häufig aber auch einen Apparat an, wie ihn die Fig. 7 zeigt. In *A* wird

Fig. 7.



die zu destillirende Flüssigkeit zum Sieden erhitzt, die Dämpfe entweichen durch die in den Stopfen eingepasste Röhre. Wie man sieht, ist dieselbe von einem weiteren Glasrohre umgeben, welches mit kaltem Wasser angefüllt ist. In dem Maasse, in welchem dieses die innere Röhre abkühlt, erhitzt es sich, weshalb man das Wasser perpetuirlich oder von Zeit zu Zeit erneuern muss, indem man durch *d* kaltes Wasser einfliessen lässt; das heisse Wasser fliesst alsdann aus *g* in ein untergesetztes Gefäss aus. Als Vorlage dient ein Kölbchen oder Kochfläschchen.

§. 11.

10. Das Glühen.

Was das Abdampfen für Flüssigkeiten ist, ist das Glühen gewissermaassen für feste Körper. Es hat nämlich ebenfalls, wenigstens im Durchschnitt, die Trennung eines flüchtigen Körpers von einem weniger flüchtigen oder feuerbeständigen zum Zweck, wenn dabei nur der zurückbleibende beachtet wird. Das Glühen setzt immer die Anwendung einer

hohen Temperatur voraus, wodurch es sich vom Trocknen unterscheidet. Der Zustand, welchen der verflüchtigte Körper beim Erkalten annimmt, ob er also gasförmig bleibt, wie wenn man kohlensauren Kalk glüht, — ob er flüssig wird, wie wenn man Kalkhydrat erhitzt, — oder fest, wie beim Glühen einer Salmiak enthaltenden Mischung, ist für die Benennung der Operation gleichgültig.

Der bereits genannte Zweck des Glühens ist der gewöhnliche. Zuweilen glüht man jedoch auch Substanzen, nur um ihren Zustand zu verändern, ohne dass sich dabei etwas verflüchtigt, z. B. bei der Ueberführung des Chromoxyds in die sogenannte unlösliche Modification u. s. w. — Bei analytischen Arbeiten endlich glüht man zu untersuchende Substanzen häufig, um aus ihrem Verhalten in der Glühhitze einen Schluss auf ihre Natur im Allgemeinen, auf ihre Feuerbeständigkeit, Schmelzbarkeit, auf die Anwesenheit oder Abwesenheit organischer Materien u. s. w. machen zu können.

Die Gefässe, deren man sich zum Glühen bedient, sind gewöhnlich die Tiegel. Während man nun im Grossen hessische oder Graphittiegel anwendet, welche zwischen Kohlen oder in Gasöfen erhitzt werden, wählt man zu analytischen Versuchen, je nach den Substanzen, kleinere Tiegel oder auch Schälchen von Porzellan, Platin, Silber, Eisen, oder auch an einem Ende zugeschmolzene Glasröhren, und erhitzt dieselben über einer guten Gasflamme, über der Berzelius'schen Spirituslampe oder unter Umständen über dem Gasgebläse.

§. 12.

11. Die Sublimation.

Verwandelt man feste Körper durch Erhitzen in Dämpfe und verdichtet diese wieder durch Abkühlung, so heisst diese Operation Sublimation; der verflüchtigte, wieder verdichtete Körper aber ein Sublimat. Die Sublimation ist daher eine Destillation fester Körper. Man wendet dieselbe meist zur Trennung verschieden flüchtiger Substanzen an. In der Analyse ist sie zur Erkennung mehrerer Körper, z. B. des Arsens, von grösster Wichtigkeit. Die Sublimirgefässe sind, je nach der Flüchtigkeit der Substanz, von sehr mannigfacher Gestalt. Sublimationen behufs der Analyse nimmt man in der Regel nur in am einen Ende zugeschmolzenen oder — wenn sie unter Anwendung eines Wasserstoff- oder Kohlensäure-Stromes ausgeführt werden sollen — in an beiden Seiten offenen, meist hinter der zu erhitzenden Stelle verengten Glasröhren vor.

§. 13.

12. Das Schmelzen und Aufschliessen.

Man bezeichnet mit Schmelzen das Ueberführen eines festen Körpers in flüssige Form durch Hitze, und bezweckt mit dieser Operation im

Durchschnitte die Vereinigung oder Zersetzung von Körpern. Verändert oder zersetzt man in Wasser und Säuren unlösliche oder schwerlösliche Körper durch Zusammenschmelzen mit anderen in der Art, dass dieselben, oder vielmehr die neu entstandenen Verbindungen, nachher durch Wasser oder Säuren in Auflösung gebracht werden können, so heisst die Operation Aufschliessen. Das Schmelzen und Aufschliessen geschieht bei Analysen, je nach Umständen, in Porzellan-, Silber- oder Platintiegeln, welche in ein auf dem Glühring der Gaslampe oder der Berzelius'schen Weingeistlampe ruhendes oder daran befestigtes Dreieck von mässig starkem Platindraht gesetzt werden. — Dreiecke aus dickem Eisendraht, namentlich wenn sie auch noch auf den dickeren messingenen oder eisernen Kochring der Lampe gelegt werden, gestatten, wegen der bedeutenden Wärmeableitung, die Hervorbringung sehr hoher Temperaturen nicht. — Kleinere Schmelzungen nimmt man häufig auch in am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhren vor.

Die Körper, zu deren Analyse man das Aufschliessen vorzugsweise nöthig hat, sind namentlich die schwefelsauren alkalischen Erden, viele kieselsaure Verbindungen und manche Thonerdeverbindungen. Das gewöhnliche Aufschliessungsmittel ist kohlensaures Natron oder kohlensaures Kali, besser ein Gemenge beider zu gleichen Atomgewichten (siehe unten). In gewissen Fällen wird statt der kohlensauren Alkalien Barythydrat angewandt. Zum Aufschliessen der Aluminate wendet man öfters auch saures schwefelsaures Kali oder saures schwefelsaures Natron an.

Das Aufschliessen mit kohlensauren Alkalien, wie auch mit Barythydrat und sauren schwefelsauren Alkalien geschieht im Platintiegel.

Um Schaden vorzubeugen, soll hier kurz an die beim Gebrauche von Platingefässen nöthigen Vorsichtsmaassregeln erinnert werden. Es dürfen in Platingefässen keine Substanzen behandelt werden, welche Chlor entwickeln; salpetersaure Alkalien, Kali- und Natronhydrat, Cyanalkalimetalle, Metalle und Schwefelmetalle dürfen nicht darin geschmolzen, leicht desoxydirbare Metalloxyde, Schwermetallsalze mit organischen Säuren und phosphorsaure Salze bei Gegenwart organischer Verbindungen nicht darin geglüht werden. Endlich leiden die Platintiegel, besonders in Bezug auf ihre Deckel, Noth, wenn man sie direct in starkes Kohlenfeuer setzt, weil sich alsdann durch Einwirkung der Asche leicht Kieselplatin bildet, wodurch sie spröde und zerbrechlich werden. — Es ist sehr anzurathen, Platintiegel beim Glühen stets in Dreiecke von Platindraht zu setzen, auch dieselben, wenn sie über dem Gasgebläse zur Weissgluth erhitzt sind, durch rasches Zudrehen des Gashahns nicht plötzlich dem Strom der kalten Gebläseluft auszusetzen, wodurch die Tiegel leicht kleine Sprünge bekommen. — Unrein gewordene Platintiegel werden durch Abreiben mit nassem Seesand, dessen Körner alle rund sind und nicht ritzen, gereinigt. Lassen sich Flecken dadurch nicht beseitigen, so schmelze man saures schwefelsaures Kali oder Borax in den Tiegeln, koche sie mit Wasser aus und polire sie zuletzt wieder mit Seesand.

Als eine mit dem Schmelzen verwandte Operation ist noch die folgende zu nennen.

§. 14.

13. Die Verpuffung.

Man versteht darunter im weiteren Sinne jede, gleichgültig durch welche Ursache herbeigeführte, mit Knall oder Geräusch verbundene Zersetzung. Im engeren Sinne meint man damit die Oxydation eines Körpers auf trocknem Wege, und zwar durch den Sauerstoff einer beigemengten Substanz, gewöhnlich eines salpetersauren oder chlorsauren Salzes, und verbindet hiermit den Begriff eines plötzlichen und heftigen, mit lebhafter Feuererscheinung und Geräusch oder Knall verbundenen Verbrennens.

Eine Verpuffung hat entweder die Gewinnung des zu erhaltenden Oxyds zum Zwecke, — so verpufft man Schwefelarsen mit Salpeter, um arsensaures Kali zu bekommen, — oder sie dient uns als Mittel, die Gegenwart oder Abwesenheit eines Körpers zu beweisen, — so kann man Salze auf Salpetersäure oder Chlorsäure prüfen, indem man beobachtet, ob sie beim Zusammenschmelzen mit Cyankalium verpuffen etc. — Zur Erreichung der ersteren Absicht trägt man das völlig trockne Gemenge der Substanz und des Verpuffungsmittels portionenweise in einen glühenden Tiegel; — Prüfungen letzterer Art stellt man immer nur mit kleinen Quantitäten, am besten auf einem dünnen Platinblech oder in einem kleinen Löffelchen an.

§. 15.

14. Die Anwendung des Löthrohrs.

Diese Operation gehört nur der analytischen Chemie an und ist für dieselbe von äusserster Wichtigkeit. Wir haben zuerst die dazu nöthigen Apparate, sodann die Art ihrer Anwendung und endlich den Erfolg des Löthrohrblasens ins Auge zu fassen.

Das Löthrohr (Fig. 8) ist ein kleines, gewöhnlich aus Messing oder Argentan gefertigtes Instrument. Es wurde zuerst von den Metallarbeitern zum Löthen gebraucht und hat daher seinen Namen. Man unterscheidet daran drei Theile: erstens die zweckmässig mit einem Hornmundstück versehene Röhre ab, durch welche man mit dem Munde Luft einbläst; zweitens das kleine cylindrische Gefäss cd, in welches ab luftdicht eingedreht ist, es dient als Windkasten und zum Ansammeln der mitgerissenen Feuchtigkeit, — und drittens die ebenfalls in cd eingepasste kleinere Röhre fg, welche mit der grösseren einen rechten Winkel bildet und am vorderen Ende entweder durch ein fein durchbohrtes Platinplättchen geschlossen ist oder besser eine fein durchbohrte, luftdicht aufge

drehte Platinkappe *h* trägt. Letztere Vorrichtung, deren genauere Einrichtung die Fig. 9 zeigt, ist zwar etwas theurer, aber auch ungleich haltbarer als die erstere. Verstopft sich das Platinkäppchen mit der Zeit, so bedarf es meistens nur eines Ausglühens desselben vor dem Löthrohre, um es wieder zu öffnen. — Die Länge des Löthrohrs muss sich nach der Weite des deutlichen Sehens richten, sie beträgt gewöhnlich 20 bis 25 Centimeter. Die Form der Mundstücke ist verschieden. Manche ziehen solche vor, welche man mit den Lippen umschliesst, Andere solche von der Gestalt eines Trompetenmundstücks, welche man nur gegen die Lippen presst. Das Blasen mit letzteren ist weniger anstrengend, sie werden daher meist von denen vorgezogen, welche viel mit dem Löthrohre arbeiten.

Fig. 8.

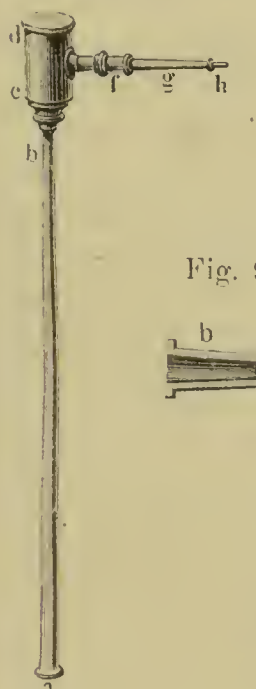


Fig. 9.

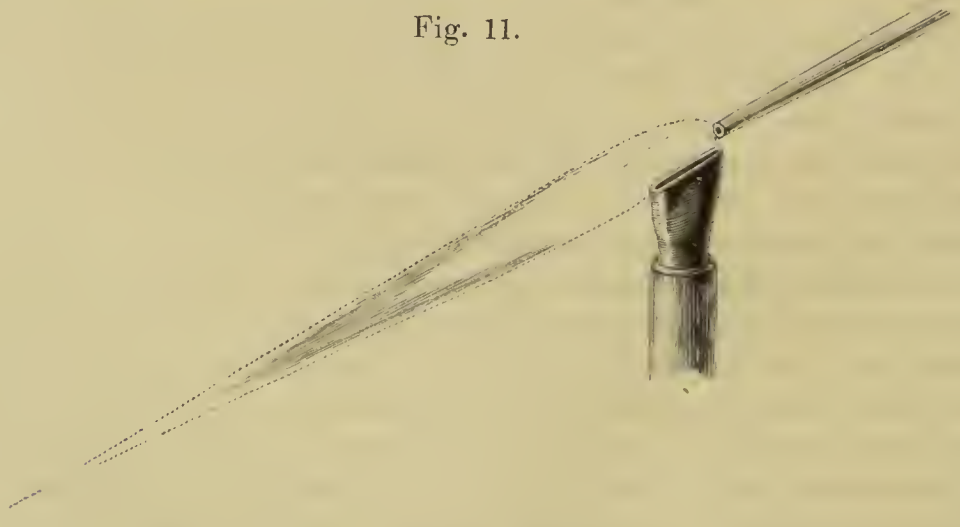
Fig. 10.

Das Löthrohr dient dazu, einen fortdauernden feinen Luftstrom in eine Gas-, Lampen- oder Kerzenflamme, zuweilen auch in eine Weingeistflamme, zu führen. — Brennt eine solche unter gewöhnlichen Umständen, so sehen wir daran drei Theile, welche sich bei einer Kerzenflamme, so wie es Fig. 10 zeigt, bei einer Oel- oder Gasflamme ganz ähnlich darstellen. Man sieht erstens einen dunkelen Kern *a* in der Mitte, zweitens einen ihn umgebenden leuchtenden Theil *efg*, und drittens einen nur schwach leuchtenden, die ganze Flamme umschliessenden Mantel *bcd*. — Den dunkelen Kern bilden die aus dem Wachs oder Fett durch die Hitze entwickelten Gasarten, welche aus Mangel an Sauerstoff nicht verbrennen können. In der leuchtenden Sphäre kommen diese Gasarten mit einer zu ihrem vollständigen Verbrennen unzureichenden Menge Luft in Berührung. Es verbrennt daher hauptsächlich der Wasserstoff der Kohlenwasserstoffe, während der Kohlenstoff im glühenden Zustande ausgeschieden wird und das Leuchten dieses Flammentheils bedingt. In dem äusseren Mantel endlich ist der Zutritt der Luft nicht mehr beschränkt, alle noch unverbrannten Stoffe verbrennen daselbst. Dieser Theil der Flamme hat die höchste Temperatur, und an der äussersten Spitze ist ihr heissester Punkt. Hält man in diese oxydable Körper, so oxydiren sie sich schnell, denn die Bedingungen dazu, hohe Temperatur und unbeschränkter Luftzutritt, sind gegeben. Es heisst daher der äussere Theil der Flamme die Oxydationsflamme. Bringt man dagegen oxydirte Körper, welche Neigung haben, ihren Sauerstoff abzugeben, in den leuchtenden Theil der Flamme, so findet das Entgegengesetzte Statt, das heisst, die Körper verlieren ihren Sauer-

stoff, er wird denselben von dem in dieser Sphäre befindlichen Kohlenstoff und dem noch unverbrannten Kohlenwasserstoff entzogen, sie werden reducirt. Der leuchtende Theil der Flamme heisst deshalb die Reductionsflamme.

Führt man nun in eine Flamme von der Seite einen feinen Luftstrom ein, so ändert sich erstens die Form der Flamme, sie strebt nicht flackernd in die Höhe, sondern sie wird schmal und spitz in der Richtung des eingeblasenen Luftstromes nach der Seite getrieben, — und so findet zweitens nicht nur aussen um die Flamme, sondern auch innen in derselben ein Verbrennen Statt. Da durch den letzten Umstand die Hitze der Flamme ausserordentlich gesteigert und durch den ersten in engerem Raume concentrirt wird, so erklärt sich leicht die höchst energische Wirkung der Löthrohrflamme. — Je nachdem man dieselbe reducirend oder oxydirend wünscht, muss die Haltung des Löthrohrs und die Art des Einblasens verschieden sein. — Am leichtesten gelingt es, höchst wirksame Flammen beiderlei Art mittelst Leuchtgases hervorzubringen, welches aus einer platt zulaufenden Röhre ausströmt, die oben einen etwas schief abwärts gerichteten, 1 Centimeter langen, $1^1/_2$ bis 2^{mm} breiten Spalt hat, weil man bei der Gasflamme nicht nur den Luft-, sondern auch den Gasstrom reguliren kann. Sehr zweckmässig ist es, die stete Haltung des Löthrohrs dadurch zu erleichtern, dass man es auf eine verschiebbare Metallunterlage (z. B. den zum Tragen der Schalen etc. bestimmten Ring der Bunsen'schen Gaslampe) fest auflegt. — Fig. 11 stellt die zum Reduciren, Fig. 12 die zum Oxydiren bestimmte Flamme

Fig. 11.



dar. Die leuchtenden Theile sind schattirt. Um die Reductionsflamme hervorzubringen, hält man das Löthrohr so, dass seine Spitze sich am Rande der Flamme befindet, und bläst in die nicht zu schwache Gasflamme einen nur mässigen Luftstrom ein. Es findet alsdann eine nur unvollkommene Mischung der Luft mit dem Gase Statt, und zwischen dem inneren bläulichen und dem äusseren kaum sichtbaren Theile der Flamme bleibt eine leuchtende und reducirende Zone, deren heissester

Punkt etwas vor der Spitze des inneren Flammenkegels liegt. Die Oxydationsflamme erhält man, wenn man die Spitze des Löthrohrs ein

Fig. 12.

wenig weiter in die Flamme einschiebt und bei schwächerer Gasflamme etwas stärker bläst. Luft und Gas mischen sich dadurch innig, es entsteht ein innerer spitzer, bläulicher, nur vorn ein wenig leuchtender Flammenkegel, umgeben von einem dünnen, spitzen, hellbläulichen, kaum sichtbaren Mantel. An der Spitze des inneren Kegels ist die heisseste Stelle der Löthrohrflamme, dorthin bringt man schwer schmelzbare Körper, die geschmolzen werden sollen, während man zu oxydirende Körper etwas vor diese Spitze hält, damit es nicht an Luft zu ihrer Verbrennung fehlt. — Statt der Gasflamme kann man sich auch einer Oellampe mit breitem, nicht zu dünnem Dochte, auch wohl einer starken Wachskerze bedienen. — Zur Hervorbringung einer Oxydationsflamme genügt meistens schon eine kleine Weingeistlampe.

Das Blasen geschieht nur mit den Wangenmuskeln und nicht mit der Lunge. Man erlernt es leicht, wenn man sich eine Zeit lang übt, mit aufgeblasenen Backen ruhig zu athmen. Hat man es dahin gebracht, dass man auf diese Art ruhig fortathmen kann, auch wenn man das Löthrohr zwischen den Lippen hält, so bedarf es nur noch der Uebung, um ununterbrochen eine ruhige und stete Flamme hervorzubringen.

Die Unterlagen, auf welchen man die zu untersuchenden Körper der Löthrohrflamme aussetzt, sind in der Regel entweder Holzkohle, Platindraht oder Platinblech.

Der Holzkohle bedient man sich meistens als Unterlage, wenn man ein Metalloxyd oder dergleichen reduciren oder einen Körper auf seine Schmelzbarkeit prüfen will. Die zu prüfenden Substanzen bringt man in kleine konische Grübchen, welche man mit einem Messer oder einer kleinen Blechröhre in die Kohle gräbt. Sind Metalle in der Hitze der Reductionsflamme flüchtig, so verdampfen sie während der Reduction ganz oder theilweise. Die Metalldämpfe verbrennen beim Durchgang durch die äussere Flamme wieder zu Oxyd, und dieses legt sich als ein Anflug rings um die Probe an. Stärkere Anflüge heissen Beschläge. Viele derselben haben eigenthümliche Farbe, so dass daran die Metalle erkannt werden können. — Bei Auswahl der Kohlen hat man darauf zu

sehen, dass sie gut ausgebrannt sind, weil sie sonst spritzen und die Probe wegschleudern. Die Kohle des Fichten-, Linden- oder Weidenholzes ist der Kohle festerer und aschereicherer Holzarten weit vorzuziehen. Man wähle glatte Stücke aus, da die knorrigen beim Erhitzen spritzen und die Proben wegschleudern. Am zweckmässigsten zersägt man die Kohle von reifem und gerade gespaltenem Fichtenholze in parallelepipedische Stücke; sind diese gut abgeblasen, so beschmutzen sie die Hände nicht. Man gebraucht nur die Seiten, wo die Jahresringe auf der Kante stehen, weil sich auf den anderen die Flüsse auf der Oberfläche der Kohle ausbreiten (Berzelius). In neuerer Zeit findet man auch aus Holzkohlenpulver künstlich hergestellte Kohlenmasse im Handel, welche — in geeigneten Formen gepresst — handliche, reinliche und gute Unterlagen für Löthrohrversuche liefert.

Die Eigenschaften, welche die Holzkohle als Unterlage bei Löthrohrproben so werthvoll machen, sind: erstens ihre Unschmelzbarkeit; — zweitens ihr geringes Leitungsvermögen für Wärme, welches gestattet, dass eine Probe auf der Kohle stärker als auf jeder anderen Unterlage erhitzt werden kann; — drittens ihre Porosität, wodurch sie leicht schmelzbare Körper, z. B. Borax, Soda u. s. w., einsickern lässt, während unschmelzbare auf ihrer Oberfläche zurückbleiben; — viertens ihre Fähigkeit, oxydirte Körper zu reduciren, wodurch sie zur Reduction der Oxyde durch die innere Löthrohrflamme mitwirkt.

Des Platindrahtes und zuweilen auch des Platinbleches bedient man sich bei allen Oxydationsversuchen, ferner wenn man Körper mit Flussmitteln behandeln will, um ihre Löslichkeit in diesen, die Erscheinungen, welche sich beim Lösen derselben darbieten, und die Farbe der entstehenden Perlen zu erforschen, und endlich, wenn man einen Körper in die Flamme bringen will, um zu untersuchen, ob er dieselbe färbt. Man wählt Draht von der Stärke dünner Claviersaiten, schneidet ihn in 8 Centimeter lange Stücke und biegt jedes an beiden Enden zu einem kleinen Oehre um (Fig. 13). Beim Gebrauche befeuchtet man das Oehr mit einem Tropfen Wasser, taucht es, wenn ein Flussmittel angewandt werden soll, in das gepulverte ein und schmelzt den anhaftenden Theil in der Weingeist- oder Gasflamme zu einem Tropfen, welcher in dem Oehre hängen bleibt. Nach dem Erkalten befeuchtet man die Probe wiederum, bringt die zu prüfende Substanz hinzu, lässt sie in gelinder Hitze anschmelzen und setzt nun das Oehr je nach Umständen der inneren oder äusseren Löthrohrflamme aus.

Fig. 13.

Die Löthrohrflamme ist bei chemischen Untersuchungen besonders deswegen sehr geschätzt, weil ihre Wirkungen augenblicklich zu Resultaten führen. Die Resultate sind von zweierlei Art. Entweder nämlich lernen wir nur die allgemeinen Eigenschaften des Körpers kennen, das heisst, wir erfahren, ob er feuerbeständig, flüchtig, schmelzbar

ist u. s. w.; oder wir sehen an den eintretenden Erscheinungen sogleich, mit welchem speciellen Körper wir zu thun haben. Welcher Art diese Erscheinungen sind, werden wir zu betrachten Gelegenheit haben, wenn wir an das Verhalten der einzelnen Körper zu Reagentien kommen.

Da beim Gebrauche des Löthrohrs die eine Hand in Anspruch genommen ist, da andauerndes Blasen Uebung und immer eine wenn auch nicht grosse Anstrengung erfordert, und da es endlich nicht ganz leicht ist, die Löthrohrflamme so stet zu erhalten, dass die derselben ausgesetzten Substanzen sich immer in den gerade gewünschten Theilen der Flamme befinden, so ging seit langer Zeit schon das Bestreben vieler Chemiker dahin, selbstthätige Löthrohrapparate herzustellen, und es sind viele solcher in Vorschlag und Aufnahme gekommen. Bald wird der Luftstrom mittelst eines Gasometers, bald mittelst eines Kautschukballons, bald nach Art des Wasser-Trommelgebläses etc. hergestellt. Bei weitem der einfachste selbstthätige Löthrohrapparat aber, der die meisten mit dem Löthrohre überhaupt erreichbaren Zwecke auf die beste und bequemste Art erreichen lässt, ist die ohne Leuchten und Russen brennende Flamme einer mit einem Schornstein versehenen Bunsen'schen Gaslampe, welche im folgenden Paragraphen besprochen werden wird.

§. 16.

15. Die Anwendung der Lampen, insbesondere der Gaslampen.

Zu den mannigfachen Erhitzungen, welche bei qualitativen Analysen vorkommen, zum Abdampfen, Destilliren, Glühen etc., bedient man sich in der Regel, da meist nur kleinere Substanzmengen zu erhitzen sind, der Lampen, und zwar entweder der Weingeistlampen oder, wenn Leuchtgas zur Verfügung steht, mit besonderem Vortheile der Gaslampen. — Von Weingeistlampen sind zwei Arten in Gebrauch, die einfache in Fig. 16 a. f. S. dargestellte, und die Berzelius'sche mit doppeltem Luftzuge (Fig. 14 a. f. S.). Bei der letzteren ist wohl zu berücksichtigen, dass der Weingeistbehälter nur durch eine enge Röhre mit dem Behälter des Dochtes in Verbindung stehen, nicht aber gradezu in denselben übergehen darf, weil sonst beim Anzünden sehr häufig äusserst unangenehme Explosionen eintreten. — Ausserdem muss beachtet werden, dass der Schornstein nicht zu eng sei, und der Stöpsel auf der Oeffnung, durch welche man den Weingeist eingiesst, nicht luftdicht schliesse. — Man wähle eine Lampe, welche an einem Stativ herauf und herab geschoben werden kann. An demselben Stativ befinde sich ausserdem ein beweglicher Ring von Messing (Kochring) zum Aufsetzen von Schalen und Kolben, und ein zweiter von mässig starkem Eisendraht (Glühring), der den Drahtdreiecken als Unterlage dient, in welche man die Tiegel beim Glühen hängt. Von den verschiedenen Formen der genannten Lampen,

welche man hat, ist die in Fig. 14 abgebildete eine der zweckmässigsten und schönsten. Fig. 15 zeigt ein in einem Eisendrahtring befestigtes

Fig. 14.

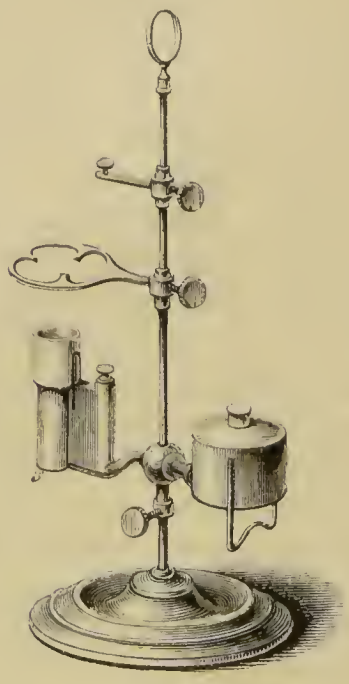
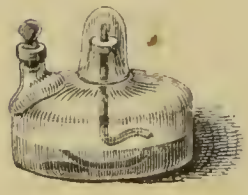


Fig. 15.

Fig. 16.



Dreieck von Platindraht zum Einsetzen der Platintiegel beim Glühen. — Glasgefässe, namentlich Bechergläser, welche über der Weingeistlampe erhitzt werden sollen, stellt man zweckmässig auf ein Stück eines aus feinem Eisendraht bestehenden Netzes, wie es zur Darstellung mittelfeiner Siebe dient.

Von den vielen in Vorschlag gekommenen Gaslampen empfiehlt sich am meisten die Bunsen'sche. Sie ist in einfachster Form dargestellt in Fig. 17 und 18. *ab* ist ein Fuss von Gusseisen von 7 Centimeter Durchmesser. In seinem Centrum ist befestigt der viereckige, oben etwas schräg zulaufende, von Messing gefertigte Theil *cd*, dessen Seiten 25^{mm} hoch und 16^{mm} breit sind. Derselbe hat eine cylindrische Höhlung, deren Tiefe 12^{mm} und deren Durchmesser 10^{mm} beträgt. Jede Seite des viereckigen Körpers hat 4^{mm} vom oberen Rande eine runde, in die innere Höhlung führende Oeffnung von 8^{mm} Durchmesser. Auf der einen Seite befindet sich 1^{mm} unter der runden Oeffnung ein Röhrenansatz, welcher dazu bestimmt ist, den das Gas zuführenden Schlauch von vulkanisirtem Kautschuk aufzunehmen. Der Ansatz ist zu dem Ende wellig abgedreht, seine Bohrung hat 4^{mm} Durchmesser. Das durch diese Röhre eindringende Gas strömt aus einer in der Mitte der Höhlung des viereckigen Stückes befindlichen, oben 4^{mm} dicken, unten dickeren, 3^{mm} über den Rand des viereckigen Stückes emporragenden Röhre aus, und zwar aus einem Spalte, der aus 3 Radien eines Kreises gebildet erscheint, von denen je zwei einen Winkel von 120^0 mit einander bilden. Die Länge eines jeden Radius beträgt 1^{mm}, die Oeffnung des Spalts $^1/_3{}^{mm}$. — Im

oberen Theil der Höhlung des viereckigen Stückes befindet sich ein Schraubengewinde; in dieses passt das Gewinde der 95^{mm} langen, an

Fig. 17.

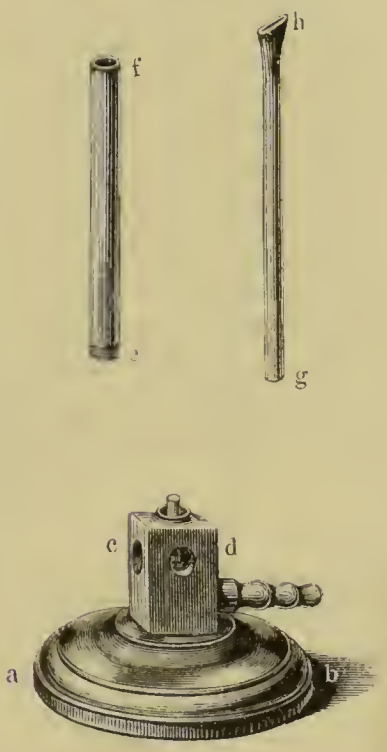
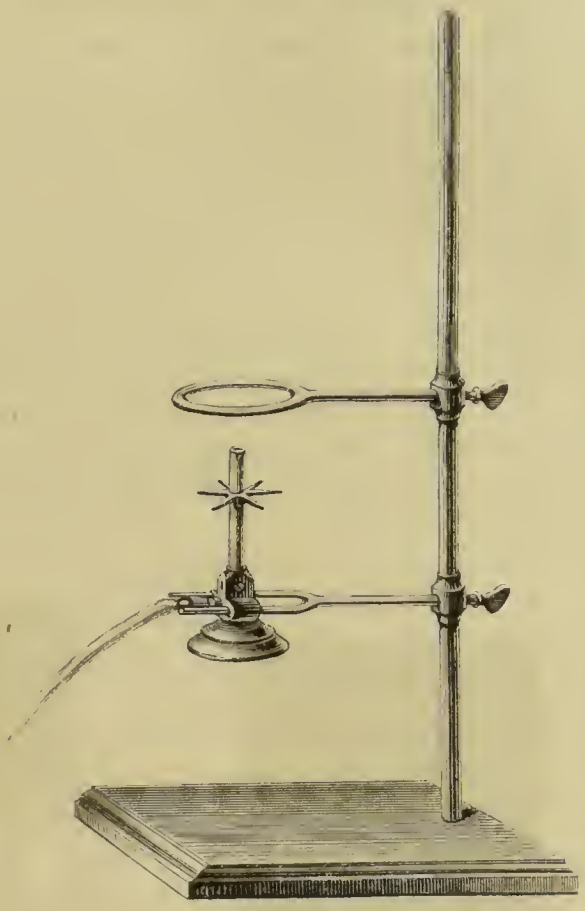


Fig. 18.



beiden Enden offenen Messingröhre *ef*, deren Durchmesser im Lichten 9^{mm} beträgt. Schraubt man diese auf, so ist die Lampe fertig. Oeffnet man den Gashahn, so strömt das Gas aus dem dreifachen Spalte in die Röhre *ef*, es mischt sich in dieser mit der durch die runden Oeffnungen in *cd* eindringenden Luft, und entzündet man jetzt dies Gemenge bei *f*, so erhält man eine gerade aufwärts strebende, bläuliche, gänzlich russfreie Flamme, welche man ganz nach Belieben durch Oeffnen des Hahns reguliren kann; sie dient, wenn sie klein gemacht wird, statt der gewöhnlichen einfachen Weingeistlampe, während die rauschende und bis zu 2 Decimeter lange Flamme, welche man bei starkem Gasstrom erhält, die Berzelius'sche Weingeistlampe trefflich ersetzt. — Lässt man die Flamme sehr klein brennen, so ereignet es sich nicht selten, dass sie zusückschlägt, d. h. dass nicht das Gemenge von Gas und Luft oben am Ausgange der Röhre *ef*, sondern dass das Gas bei seinem Austritt aus dem Spalte unten in der Röhre brennt. Diese Unannehmlichkeit lässt sich gänzlich vermeiden, wenn man die Röhre *ef* oben mit einem kleinen aus einem Stückchen Drahtnetz gebildeten Häubchen bedeckt. — Kolben, Bechergläser etc., welche über der Gaslampe erhitzt werden sollen, stellt

man am besten auf ein Netzblech. So nenne ich ein quadratisches Stück dünnes Eisenblech, auf welchem ein gleich grosses Stück Drahtnetz mit vier nahe an den Ecken angebrachten Nietnägeln befestigt ist (Fig. 19). Man kann sich zwar auch einfacher Drathnetze bedienen, aber diese brennen über den Gaslampen in der Mitte rasch durch und bieten gegen das Zerspringen der Glasgefässe auch nicht die Sicherheit wie die haltbaren und ein gleichmässiges Erhitzen begünstigenden Netzbleche. — Will man die Gaslampe zu Versuchen mit dem Löthrohre benutzen, so lässt man die oben platt zulaufende und in einem Winkel von 68° zur Axe abgeschnittene Röhre *gh* in die Röhre *ef* fallen. Hierdurch werden die Luftöffnungen im viereckigen Theil geschlossen, und es strömt nun aus dem 1 Centimeter langen und $1^1/_2$ bis 2^{mm} breiten Spalt, welchen die eingesenkte Röhre oben hat, reines mit leuchtender Flamme brennendes Gas aus. — Fig. 18 zeigt die Gaslampe eingeschoben in die Gabel eines eisernen Gestells. Sie ist so vor- und rückwärts, auf- und abwärts schiebbar. Der an derselben Säule befindliche Ring dient zum Tragen der zu erhitzen-

Fig. 19.

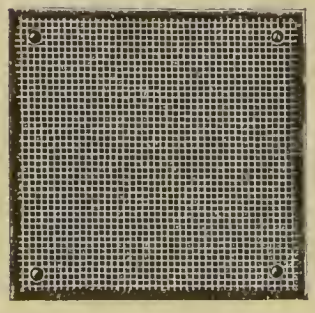


Fig. 20.

Fig. 21.

den Gegenstände. — Die sechs einen Kranz um die Röhre der Lampe bildenden Radien dienen zum Tragen eines Schornsteins von Eisenblech (s. Fig. 23) oder eines Porzellantellers, der bei quantitativen Analysen Verwendung findet.

Soll die Erhitzung eines Tiegels bis zur hellsten Rothgluth oder Weissgluth gesteigert werden, so bedient man sich des Gasgebläses. Aber auch ohne ein solches lässt sich die Wirkung der Gaslampe schon dadurch bedeutend steigern, dass man den Tiegel innerhalb einer kleinen Thonesse erhitzt, wie solche von O. L. Erdmann empfohlen worden sind. Fig. 20 zeigt die einfache Vorrichtung. Die Essen haben 115^{mm} Höhe und 70^{mm} Durchmesser im Lichten. Die Wandung ist 8^{mm} dick. — Genügt bei einer solchen Erhitzung der einfache Bunsen'sche Brenner nicht, so wendet man eine mit drei Brennern versehene Lampe an (Fig. 21).

Soll die Gaslampe als Ersatz eines Löthrohrgebläses, also zu Reductions-, Oxydations-, Schmelz- und Verflüchtigungsversuchen dienen, sowie zur Beobachtung der Flammenfärbungen (§. 17), so gibt ihr Bun-

sen *) eine vervollkommnete Einrichtung, s. Fig. 22. Man erkennt daran die drehbare Hülse *a*, welche eine leichte Regelung des Luftzutrittes gestattet. Beim Gebrauche setzt man auf die Träger *ee* einen konischen Schornstein *dddd*, Fig. 23, von solchen Dimensionen, dass die Flamme

Fig. 22.

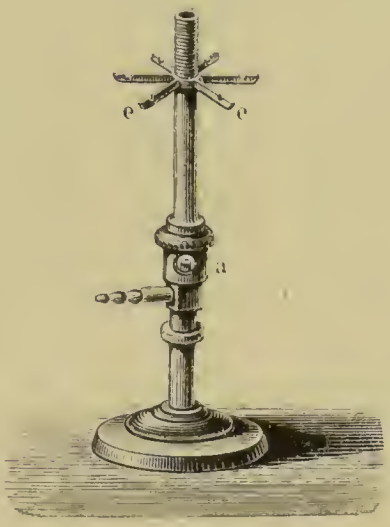
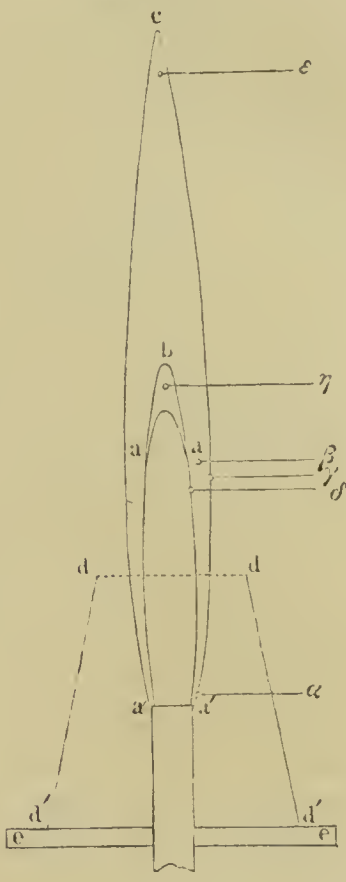


Fig. 23.



vollkommen ruhig brennt. Fig. 23 zeigt diese Flamme und zwar in halber natürlicher Grösse. Man erkennt daran 1) den dunkeln Flammenkegel *aaaa*, welcher das kalte, mit etwa 62 Procent atmosphärischer Luft gemengte Leuchtgas enthält; 2) den Flammenmantel *acab*, der von dem brennenden mit Luft gemengten Leuchtgase gebildet wird; 3) die leuchtende Spitze *aba*. Diese zeigt jedoch die normale bei geöffneten Zuglöchern brennende Lampe nicht. Soll dieselbe — wie dies bei Reductionsversuchen erforderlich — hergestellt werden, so dreht man die Zuglöcher in entsprechendem Grade zu.

In diesen drei Haupttheilen der Flamme unterscheiden wir mit Bunsen sechs Reactionsräume. Sie haben von ihm folgende Namen erhalten:

1. Die Flammenbasis bei *α*, von relativ niedriger Temperatur, weil das hier verbrennende Gas durch die von unten zuströmende kalte Luft abgekühlt wird, auch das Brennerrohr Wärme ableitet. Dieser

*) Annal. d. Chem. u. Pharm. 111. 257 und 138. 257, — auch Zeitschr. f. analyt. Chem. 5. 351.

Flammentheil dient öfters dazu, flammenfärbende leichter flüchtige Körper neben flammenfärbenden schwerer flüchtigen zu entdecken, da bei der relativ niedrigen Temperatur jene sich auf Augenblicke allein verflüchtigen und die dadurch bedingten Flammenfärbungen vorübergehend rein und unverdeckt zum Vorschein kommen.

2. Der Schmelzraum. Er liegt bei β etwas oberhalb des ersten Drittels der ganzen Flammenhöhe, gleichweit von der äusseren und inneren Begrenzung des Flammenmantels entfernt, der in dieser Höhe seine grösste Dicke erreicht hat. In diesem Theile der Flamme herrscht die höchste Temperatur (nach Bunsen etwa eine solche von 2300° C.) und er dient daher zur Prüfung der Stoffe auf Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, Lichtausstrahlung und zu allen Schmelzprocessen in hoher Temperatur.

3. Der untere Oxydationsraum liegt im äusseren Rande des Schmelzraumes bei γ und eignet sich besonders zur Oxydation von in Glasflüssen aufgelösten Oxyden.

4. Der obere Oxydationsraum bei ε wird durch die obere nicht leuchtende Flammenspitze gebildet. Die Wirkung desselben ist am kräftigsten, wenn die Zugöffnungen der Lampe völlig geöffnet sind. Er dient zum Abrösten flüchtiger Oxydationsproducte und überhaupt zu allen Oxydationen, für welche keine allzu hohe Temperatur erforderlich ist.

5. Der untere Reductionsraum liegt bei δ, also im inneren, dem dunkeln Flammenkegel zugekehrten Rande des Schmelzraumes. Die reducirenden Gase sind an dieser Stelle noch mit atmosphärischem Sauerstoff gemengt, wirken daher nicht mit voller Kraft reducirend und lassen in Folge dessen manche Substanzen unverändert, die in der oberen Reductionsflamme desoxydirt werden. Dieser Flammentheil ist besonders geeignet zu Reductionen auf Kohle und in Glasflüssen.

6. Der obere Reductionsraum liegt bei η in der leuchtenden Spitze, welche sich über dem dunkeln Flammenkegel bei entsprechendem Schliessen der Zuglöcher bildet. Die Beschränkung des Luftzutritts darf nie so weit gehen, dass ein in die leuchtende Spitze gehaltenes, mit kaltem Wasser gefülltes Proberöhrchen sich mit Russ beschlägt. Dieser Flammentheil enthält keinen freien Sauerstoff, ist reich an abgeschiedener glühender Kohle und wirkt daher viel stärker reducirend als der untere Reductionsraum. Man benutzt ihn besonders zur Reduction von Metallen, welche in Gestalt von Beschlägen aufgefangen werden sollen.

Mit Hülfe einer solchen Gasflamme lassen sich — wenn man die wärmeausstrahlende Oberfläche der zu erhitzenden Körper so klein als möglich macht — eben so hohe, ja noch höhere Temperaturgrade als mit der Löthrohrflamme erzielen und unter Benutzung der verschiedenen Flammentheile Reductions- wie Oxydations-Processe aufs Beste ausführen.

Um das Verhalten der Stoffe für sich in höheren Temperaturen zu studiren — ihre Lichtemission, Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, Fähigkeit die Flamme zu färben — bringt man sie an dem Oehr eines Platindrahtes in die Flamme, dessen Dicke die eines Pferdehaares kaum über-

trifft. Wird Platindraht durch die Probe angegriffen, so verwendet man Asbeststäbchen, welche die Viertelsdicke eines gewöhnlichen Zündhölzchens nicht überschreiten. Decrepitirende Stoffe werden zunächst zum feinsten Pulver zerrieben, auf ein befeuchtetes Filtrirpapierstreifchen von etwa 1 Quadratcentimeter Oberfläche angesogen, und dieses zwischen zwei Ringen von haarfeinem Platindraht vorsichtig verbrannt. Die Probe erscheint jetzt als zusammenhängende Kruste und lässt sich ohne Schwierigkeit in der Flamme behandeln. Sollen Flüssigkeiten geprüft werden, ob darin flammenfärbende Substanzen gelöst sind, so plattet man das runde Oehr des haarförmigen Platindrahtes durch einige Hammerschläge zu einem kleinen Platinringe aus. Senkt man diesen in die zu prüfende Flüssigkeit, so bleibt darin, wenn man ihn wieder heraushebt, ein Tropfen hängen. Man verdunstet denselben in der Nähe der Flamme, ohne ihn zum Kochen kommen zu lassen, und prüft alsdann den Rückstand.

Sollen Körper längere Zeit der Flammenwirkung ausgesetzt werden, so bedient man sich des Stativs Fig. 24. Die federnden Schiebvorrichtungen *A* und *B* lassen sich an dem Stativstabe leicht drehen und auf- und abschieben. *A* trägt einerseits den Stift *a*, auf welchen die die eingeschmolzenen Platindrähte enthaltenden Glasröhrchen, Fig. 25, gesteckt werden, — andererseits eine Hülse, in welche die nach der einen Seite hin verengten, die Asbestfäden *d* tragenden Glasröhrchen *b* eingeschoben werden. — *B* trägt einen Haltearm mit Klammer zur Aufnahme von Proberöhrchen, die an einer bestimmten Stelle der Flamme längere Zeit erhitzt werden sollen. Die Stiftchen an dem drehbaren Teller *C* dienen als Träger für die Glasröhrchen mit Platindrähten.

Fig. 24.

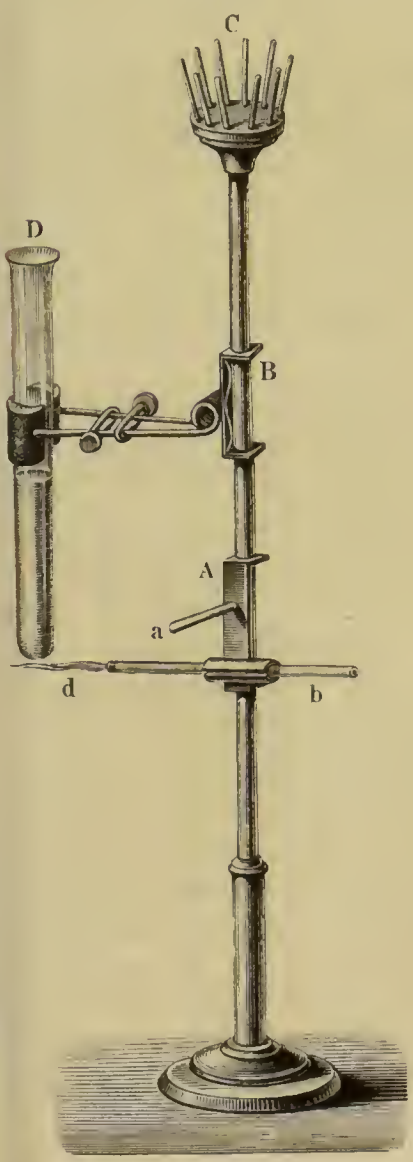


Fig. 25.

Reductionsversuche vollbringt man entweder unter Anwendung geeigneter Reductionsmittel in kleinen dünnwandigen Glasröhrchen oder mittelst Kohlenstäbchen. Um letztere zu bereiten, nähert man nach Bunsen's Angabe einen nicht verwitterten Krystall von kohlensaurem Natron der Lampenflamme und bestreicht mit dem daran entstehenden breiigen Tropfen ein gewöhnliches, von seinem Kopfe befreites

Schwefelhölzchen bis zu $^3/_4$ seiner Länge. Wird dasselbe darauf in der Lampenflamme langsam um seine Achse gedreht, so bildet sich um das verkohlte Holz eine Kruste von festem kohlensaurem Natron, die bei dem Erhitzen im Schmelzraume der Flamme schmilzt und von der Kohle eingesogen wird. An die Spitze dieses durch seine Sodaglasur vor dem Verbrennen einigermaassen geschützten Kohlenstäbchens bringt man die mit einem Tropfen des schmelzenden Sodakrystalles zu einer breiigen Masse gemischte Probe von der Grösse eines Hirsekornes, lässt sie in der unteren Oxydationsflamme schmelzen und führt sie dann durch einen Theil des dunklen Flammenkegels hindurch in den gegenüberliegenden heissesten Theil des unteren Reductionsraumes. An dem Aufwallen der Soda erkennt man den Zeitpunkt der stattfindenden Reduction. Nach einigen Augenblicken unterbricht man die Einwirkung, indem man die Probe am Kohlenstäbchen in dem dunkelen Kegel der Flamme erkalten lässt. Zerreibt man schliesslich das abgekniffene Ende des Kohlenstäbchens mit einigen Tropfen Wasser in einem kleinen Achatmörser, so erhält man das reducirte Metall in Flitterchen, die man durch Abschlämmen der Kohle und Auswaschen rein erhalten und nach Umständen weiter prüfen kann.

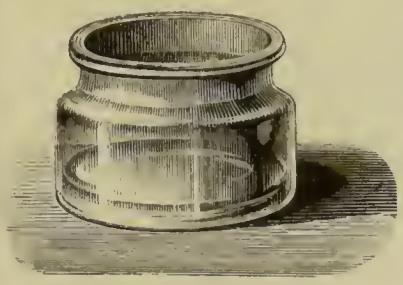
Flüchtige, durch Wasserstoff und Kohle reducirbare Elemente lassen sich als solche oder als Oxyde aus ihren Verbindungen abscheiden und in Gestalt von Absätzen auf Porzellan niederschlagen. Die Absätze sind in der Mitte dicker und heissen Beschlag, nach den Seiten gehen sie in hauchartigen Anflug über. Sie lassen sich in Jodide, Sulfide und andere Verbindungen überführen und dadurch weiter charakterisiren. Diese Reactionen sind so empfindlich, dass in vielen Fällen $^1/_{10}$ Milligramm bis 1 Milligramm genügt sie hervorzurufen.

Der Metallbeschlag wird erhalten, indem man mit der einen Hand ein Stäubchen der Probe an einem Asbestfaden in die obere nicht zu umfangreiche Reductionsflamme bringt, während man mit der anderen Hand eine mit kaltem Wasser gefüllte, aussen glasirte, dünnwandige, 1 bis 1,2 Decimeter im Durchmesser haltende Porzellanschale dicht über den Asbestfaden in die obere Reductionsflamme hält. Die Metalle scheiden sich als kohlschwarze, matte oder spiegelnde Beschläge und Anflüge aus.

Hält man die Probe wie eben angegeben, die Porzellanschale dagegen in den oberen Oxydationsraum der Flamme, so erhält man Oxydbeschläge. Um sie sicher zu erhalten, muss — wenn die Probe sehr gering ist — die Lampenflamme verhältnissmässig verkleinert werden. — Haucht man die erkaltete Schale, auf welcher sich der Oxydbeschlag befindet, an und deckt sie auf ein weithalsiges, mit einem Glasstopfen gut verschliessbares Glas (Fig. 26), welches zu rauchender Jodwasserstoffsäure und phosphoriger Säure zerflossenen Jodphosphor enthält, so geht der Oxydbeschlag in den Jodidbeschlag über. Hat die Jodwasserstoffsäure durch Wasseranziehung die Eigenschaft zu rauchen verloren, so lässt sich ihre Wirksamkeit durch Zusatz von etwas wasserfreier Phosphorsäure

wieder herstellen. — Bläst man auf den Jodidbeschlag einen schwefelammoniumhaltigen Luftstrom, behaucht die Schale dazwischen von Zeit zu Zeit und entfernt schliesslich das überschüssige Schwefelammonium durch *gelindes* Erwärmen des Porzellans, so geht der Jodidbeschlag in den Sulfidbeschlag über.

Fig. 26.



Gilt es erheblichere Mengen des Reductionsbeschlages zu weiteren Versuchen aufzusammeln, so ersetzt man die Porzellanschale durch ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes Proberohr (*D* in Fig. 24). Man stellt in dem Falle den feinen Asbestfaden mit der daran haftenden Probe (Fig. 24 *d*) mittelst der als Halterarm dienenden Glasröhre *b* vor der Lampe so ein, dass er sich mit der Mitte des oberen Reductionsraumes in gleicher Höhe befindet, gibt dann dem Probirglase mit Hülfe des Halterarmes *B* eine solche Lage, dass seine Wölbung dicht über den Asbestfaden *d* zu stehen kommt, und schiebt endlich die Lampe unter das Probirrohr. Die Probe kommt dann in den Reductionsraum und der Metallbeschlag bildet sich an der unteren Wölbung des Probirrohres, in welches man — um das Stossen beim Sieden des Wassers zu verhindern — einige Stückchen Marmor bringt. Durch Erneuerung der Probe lässt sich der Beschlag von beliebiger Stärke herstellen.

§. 17.

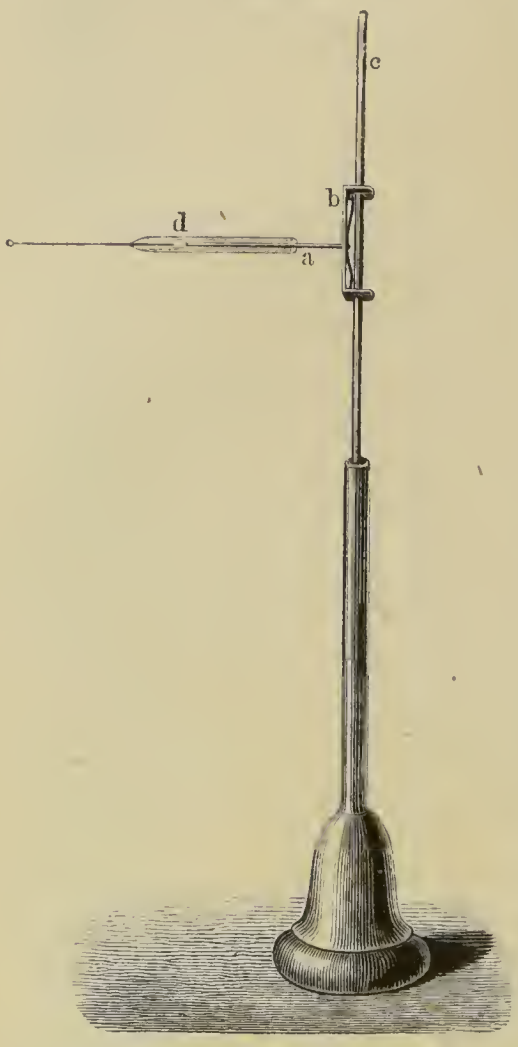
16. Die Beobachtung der Flammenfärbung und die Spectralanalyse.

Viele Substanzen färben, in eine farblose Flamme gebracht, diese in sehr auffallender Weise. Da nun die durch verschiedene Substanzen ertheilten Färbungen meist bedeutend von einander abweichen, also für die betreffenden Körper charakteristisch sind, so bietet die Beobachtung der Flammenfärbung ein ausgezeichnetes Mittel, viele Körper auf eine leichte und sichere Art zu entdecken. So ertheilen z. B. Natronsalze der Flamme eine gelbe, Kalisalze eine violette, Lithionsalze eine carminrothe Färbung und lassen sich also auf die einfachste Art unterscheiden.

Besonders geeignet zu solchen Beobachtungen ist die Flamme der mit Schornstein versehenen Bunsen'schen Gaslampe, wie solche in §. 16 beschrieben und in Fig. 22 abgebildet ist. Die zu prüfenden Substanzen bringt man mittelst eines geeigneten Halters, sei es des in Fig. 24 abgebildeten oder des einfacheren, welchen Fig. 27 (a. f. S.) zeigt, am kleinen Oehr eines feinen Platindrahtes in den Schmelzraum der Gasflamme. In besonders auffallendem Grade färben die Flamme die Salze der Alkalien und alkalischen Erden. Vergleicht man verschiedene Salze einer und derselben Basis, so findet man, dass jedes Salz, sofern es nur in hohen Tem-

peraturen irgend flüchtig ist, oder wenigstens die Verflüchtigung der Base gestattet, die Flamme auf gleiche Art nur in verschiedener Stärke färbt, — und zwar färben die flüchtigsten am stärksten, also Chlorkalium stärker als kohlensaures, dieses stärker als kieselsaures Kali. Nicht selten lässt sich die Flammenfärbung durch Zusatz eines die schwerflüchtige Verbindung zersetzenden Körpers herbeiführen oder erhöhen. So lässt sich in Silicaten, welche nur einige Procente Kali enthalten, das Kali durch Flammenfärbung ohne Weiteres nicht mehr nachweisen, wohl aber, wenn man etwas reinen Gyps zusetzt, weil dieser die Bildung von kieselsaurem Kalk und von hinreichend flüchtigem schwefelsaurem Kali veranlasst.

Fig. 27.



So entscheidend nun aber auch die blosse Flammenfärbung die Anwesenheit einzelner reiner Metallverbindungen erkennen lässt, so scheinbar werthlos wird solche, wenn die Verbindungen mehrerer Metalle gemischt sind; in der That erscheint bei Gemengen von Kali- und Natronsalzen nur die Natron-, bei Gemengen von Baryt- und Strontiansalzen nur die Barytflamme etc. — Diesem Uebelstande lässt sich aber auf zweierlei Art mit dem überraschendsten Erfolge begegnen. Beide Forschungsarten sind Entdeckungen der neueren Zeit.

Die eine Art, von Cartmell*) zuerst in die Wissenschaft eingeführt, von Bunsen**) und von Merz***) noch weiter ausgebildet, besteht darin, dass man die gefärbten Flammen durch farbige Medien (gefärbte Gläser, Indigolösung etc.) betrachtet. Indem diese die Flammenfärbung eines Metalls auslöschen, lassen sie die des beigemengten hervortreten. Bringt man z. B. ein Gemenge von Kali- und Natronsalz in den Flammenrand, so zeigt die Flamme bloss die gelbe Natronfärbung. betrachtet man sie aber durch ein tiefblau gefärbtes Kobaltglas oder durch Indigolösung, so wird die Natronfärbung ausgelöscht und die Flamme zeigt die violette Kalifärbung. Der Apparat, welcher zu allen hierher gehörigen Versuchen ausreicht, ist einfach. Man gebraucht:

*) Philosophical Magaz. XVI. 328. — **) Annal. d. Chem. u. Pharm. 111. 257. — ***) Journ. f. prakt. Chem. 80. 487.

1. ein aus Spiegelplatten zusammengesetztes Hohlprisma, Fig. 28, dessen Hauptschnitt ein Dreieck bildet mit zwei Seiten von 150^{mm} und einer

Fig. 28.

von 35^{mm} Länge. Die zur Füllung desselben dienende Indigolösung bereitet man, indem man 1 Thl. Indigo in 8 Thln. rauchender Schwefelsäure auflöst, 1500 bis 2000 Thle. Wasser zusetzt und die Lösung dann filtrirt. Beim Gebrauche führt man das Prisma in horizontaler Richtung in der Weise dicht vor dem Auge vorbei, dass die Strahlen der beobachteten Flamme immer dickere Schichten des auslöschenden Mediums durchdringen müssen.

2. Ein blaues, ein violettes, ein rothes und ein grünes Glas. Das blaue ist durch Kobaltoxydul, das violette durch Manganoxyd, das rothe (Ueberfangsglas) durch Kupferoxydul und das grüne durch Eisenoxyd und Kupferoxyd gefärbt. Die im Handel vorkommenden Sorten, wie sie zur Verzierung von Fenstern verwendet werden, haben in der Regel die richtigen Nüancen. — Wie die durch verschiedene Körper gefärbten Flammen erscheinen, wenn man sie durch die genannten Medien betrachtet, und durch welche Combinationen man die einzelnen erkennt, wird im dritten Abschnitte bei den betreffenden Basen und Säuren besprochen werden.

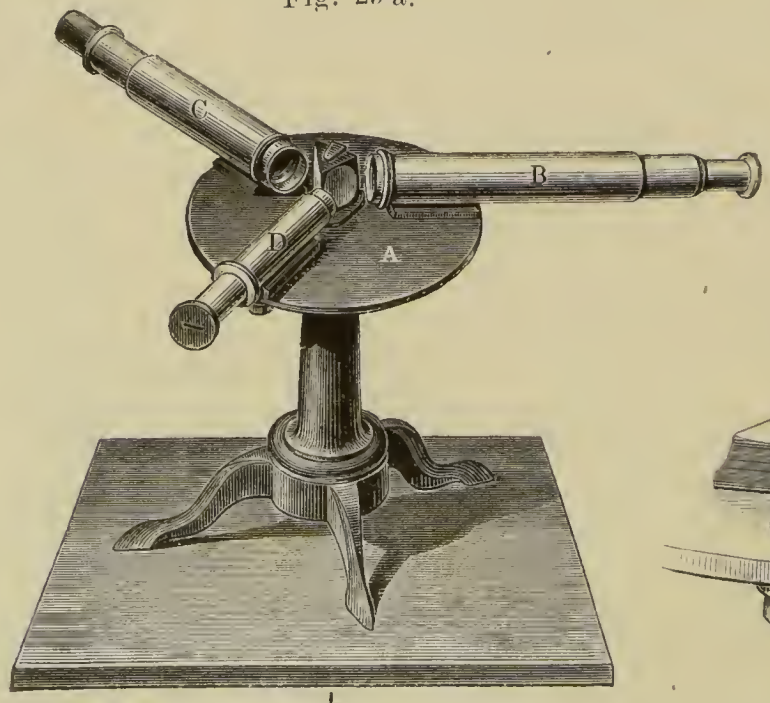
Die zweite Art, die Spectralanalyse, hauptsächlich von Kirchhoff und Bunsen in die Wissenschaft eingeführt, besteht darin, dass man die Strahlen der gefärbten Flammen zunächst durch einen engen Spalt, sodann durch ein Prisma fallen lässt, und dass man die so gebrochenen mittelst eines Fernrohrs betrachtet. Man erhält so für jedes die Flamme färbende Metall ein besonderes Spectrum, bald ein aus vielen neben einander liegenden gefärbten Linien gebildetes, wie bei Baryt, — bald eines, welches nur aus zwei getrennt von einander liegenden, verschieden gefärbten Linien besteht, wie bei Lithion, — und bei Thallium eines, welches nur aus einer einzigen grünen Linie besteht. Diese Spectra sind auf zweifache Art charakteristisch, einmal dadurch, dass die Spectrallinien eine bestimmte Farbe, und sodann dadurch, dass sie einen bestimmten Ort haben.

Letzterer Umstand bedingt es denn auch, dass bei der Spectralbeobachtung in Gemischen flammenfärbender Metallverbindungen jedes Metall ohne alle Schwierigkeit neben dem anderen erkannt werden kann; so liefert eine Flamme, in welche man ein Gemenge von Kali-, Natron- und Lithionsalz bringt, die Spectra der einzelnen Metalle neben einander in vollkommenster Reinheit.

Kirchhoff und Bunsen haben zwei Apparate construirt, welche zur Spectralbeobachtung geeignet sind und die Messung der Orte, an denen die Spectrallinien erscheinen, zulassen. Beide beruhen ganz auf denselben Principien, der grössere und vollkommenste ist beschrieben und abgebildet in Poggendorff's Annalen 113. 374, und in der Zeitschrift für analytische Chemie 1862. 49, — der kleinere einfachere und deshalb billigere, welcher für die gewöhnlichen Zwecke ausreicht und in den Laboratorien besonders häufig benutzt wird, soll hier beschrieben werden. Fig. 29 a. stellt ihn dar.

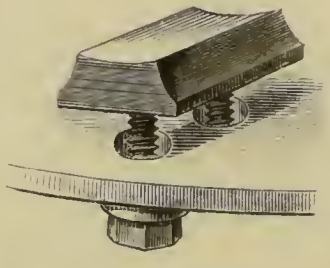
Auf der Mitte der kreisförmigen Eisenplatte *A* ist das Prisma, dessen brechende Flächen Kreise von etwa 25^{mm} Durchmesser sind, durch einen Bügel befestigt, der auf die obere Fläche des Prismas drückt und unten an die Eisenplatte angeschraubt ist. Auf derselben Platte sind auch die drei Rohre *B*, *C*, *D* ein für alle Mal befestigt. Ein jedes Rohr ist an einen Metallklotz gelöthet, wie er in Fig. 29 b. in grösserem Maassstabe dargestellt ist. Dieser Klotz enthält die Muttern für zwei Schrauben, welche durch weitere Oeffnungen der Eisenplatte hindurchgehen und

Fig. 29 a.



$\frac{1}{5}$

Fig. 29 b.



festgezogen sind, nachdem das Rohr seine richtige Stellung erhalten hat. *B* ist das Beobachtungsfernrohr; es hat eine etwa sechsmalige Vergrösserung und ein Objectiv von 20^{mm} Durchmesser. Das Rohr *C* trägt den zum Einlassen des Lichtes bestimmten senkrechten Spalt. Derselbe ist in ein Stanniolblättchen eingeschnitten*). Das Rohr *D* trägt eine photographische Abbildung einer Millimeterscale, die auf einer Glasplatte in

*) Der Stanniolspalt ist nur bei sehr vorsichtigem Gebrauch von Dauer. Für Laboratorien empfehlen sich daher solidere, in Messing ausgeführte Einrichtungen weit mehr.

der Camera obscura in dem Maassstabe von etwa $^1/_{15}$ hergestellt ist. Dieselbe ist mit Stanniol so weit bedeckt, dass nur der schmale Streifen, auf dem die Theilstriche und die Zahlen sich befinden, sichtbar ist. Diese Scale wird durch eine dicht dahinter aufgestellte Gas- oder Kerzenflamme erleuchtet.

Die Achsen der Rohre *B* und *D* gehen auf die Mitte der einen Prismenfläche und sind gegen diese gleich geneigt, die Achse von *C* geht auf die Mitte der anderen Prismenfläche. In Folge dieser Stellung erscheinen die durch Brechung des durch *C* kommenden gefärbten Lichtes entstehenden Spectren und das durch totale Reflexion entstehende Spiegelbild der in *D* befindlichen Scale an einem und demselben Orte, so dass die Stellen der Spectrallinien auf der Scale abgelesen werden können. Dem Prisma ist ungefähr die Stellung gegeben, bei der die Ablenkung der Strahlen der Natriumlinie ein Minimum ist, — dem Fernrohre die Richtung, bei der die rothe und die violette Kaliumlinie etwa gleichweit von der Mitte des Gesichtsfeldes abstehen.

Zehn Centimeter von dem Spalte bringt man die farblose Flamme an, in welche die flammenfärbenden Körper eingeführt werden sollen. Die beste Flamme liefert die S. 29 beschriebene und in Fig. 22 abgebildete Bunsen'sche Lampe. Man stellt sie so, dass der obere Rand des Schornsteins etwa 20^{mm} tiefer liegt als das untere Ende des Spaltes. Nachdem man sie angezündet und eine Perle, etwa von schwefelsaurem Kali, mittelst der S. 34 beschriebenen und in Fig. 27 abgebildeten Vorrichtung in den Schmelzraum eingeführt hat, dreht man die Eisenplatte des Spectralapparates, welche mit Allem, was sie trägt, um ihre verticale Achse drehbar ist, bis die Lichtstärke des Spectrums ihren grössten Werth hat.

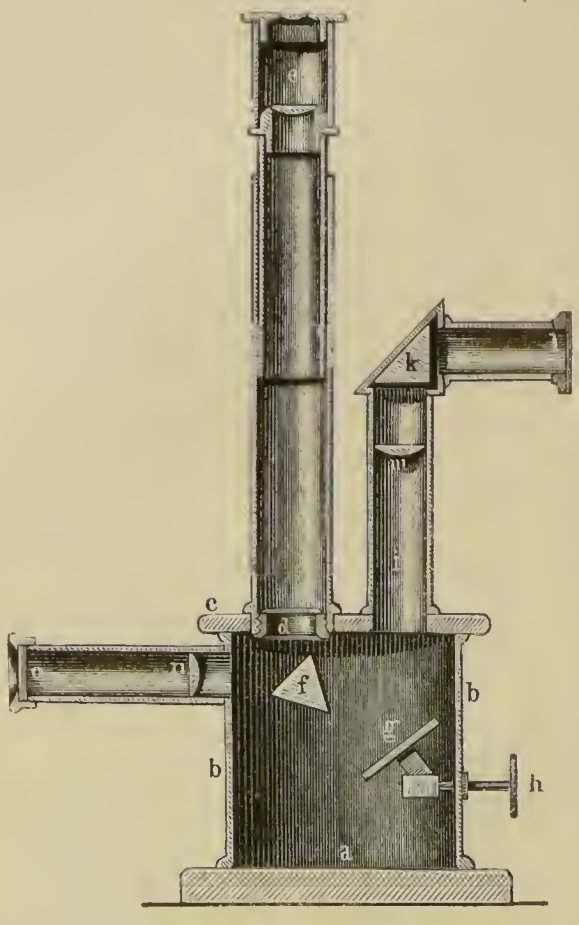
Um bei dieser und allen folgenden Beobachtungen fremdes Licht abzuhalten, deckt man ein schwarzes Tuch, welches mit drei Ausschnitten für die drei Rohre versehen ist, oder einen schwarzen Pappkasten über das Prisma und die auf der Scheibe liegenden Theile der Rohre.

Ein Spectroskop von wesentlich abweichender Einrichtung, empfehlenswerth durch gute Leistungen bei relativ billigem Preis, ist das Rexroth'sche*), Fig. 30 (a. f. S.). Auf dem schweren runden Fuss *a* ist eine weite cylindrische Röhre *bb* befestigt, welche an ihrem oberen Ende durch den Deckel *c* dicht verschlossen wird. In diesen Deckel ist auf der einen Seite das Fernrohr *de* und gegenüber die Spaltvorrichtung *il* fest angebracht. Letztere ist auf umstehender Figur um einen rechten Winkel verdreht gezeichnet, damit die innere Einrichtung sich besser wahrnehmen lässt. Die Vorrichtung besteht aus dem verstellbaren Spalt *l*, dem Reflexionsprisma *k* und der Linse *m*, welche die von dem Spalte kommenden Strahlen parallel macht und auf den Planspiegel *g* gelangen lässt, von wo dieselben nach dem Flintglasprisma *f* reflectirt werden, um aus dessen oberer Fläche in das darüber befindliche Fernrohr einzutreten

*) Zeitschrift f. analyt. Chem. 3. 443.

und durch das Ocular wahrgenommen zu werden. Der belegte Planspiegel *g* wird durch die Kopfschraube *h* um eine horizontal liegende Achse bewegt, wodurch es möglich wird, das im Fernrohr wahrzunehmende Bild von einer Seite des Sehfeldes nach der entgegengesetzten zu bewegen und hierdurch die verschiedenen Punkte des Spectrums nach und nach in die Mitte des Gesichtsfeldes zu bringen. Der Seite des Flintglasprismas *f*, aus der die Lichtstrahlen austreten, gegenüber befindet sich die Scalenvorrichtung; bei *o* die photographirte Scale und bei *n* eine Linse, welche die von *o* kommenden Strahlen unter sich parallel macht, so dass sie, von der oberen Fläche des Flintglasprismas in das Objectiv des Fernrohrs reflectirt, mit dem Spectrum zugleich gesehen werden können. Die unverrückbare Scale wird durch ein kleines Oellämpchen oder eine Gasflamme erleuchtet und erscheint durch das ganze Sehfeld gleichmässig hell. Die Einstellung der Natriumlinie geschieht durch die Schraube *h*, was den Vortheil gewährt, dass man beim Ablesen der Scale bei weit entfernten Linien, z. B. der blauen Kaliumlinie, die Natriumlinie um 20 Theilstriche weiter nach links verlegen kann, um die zu messende Linie mehr in die Mitte des Sehfeldes zu bringen und hierdurch ein bequemeres Ablesen zu ermöglichen. In diesem Falle würde zu der erhaltenen Zahl noch 20 zu addiren sein, und im umgekehrten Falle, wenn um eine rothe Linie mehr in die Mitte zu bringen die Natriumlinie um 20 Theilstriche nach rechts verlegt worden wäre, müsste 20 von der abgelesenen Zahl subtrahirt werden.

Fig. 30.



Die Spectra, welche die Alkalien und alkalischen Erden, sowie Thallium und Indium liefern, sind auf Tafel I. Nro. 2 bis 11 abgebildet. Das Sonnenspectrum ist, um die Orientirung zu erleichtern, als Nro. 1 beigefügt. Die Spectra sind so dargestellt, wie sie in den mit astronomischen Fernrohren versehenen Apparaten erscheinen. Auf die Linien, welche für jedes Metall die charakteristischesten sind, soll im dritten Abschnitte bei den einzelnen Körpern aufmerksam gemacht werden; hier will ich nur anführen, auf welche Art man der Spectralanalyse den höchsten Grad

von Sicherheit gibt. Es geschieht, indem man die Perle je einer reinen Metallverbindung der Flamme aussetzt und die hervortretendsten Spectrallinien in Betreff ihres Ortes, an dem sie sich auf der Scale des Apparates zeigen, auf gezeichneten Scalen in der Art einträgt, wie es in der obersten Scale auf Tafel I. beispielsweise für das Strontiumspectrum geschehen ist. Es ist ersichtlich, dass das Spectrum eines unbekannten Körpers nur dann als Strontiumspectrum gelten kann, wenn die charakteristischen Linien nicht allein in Betreff der Farbe übereinstimmen, sondern auch genau an denselben Stellen erscheinen, wo sie auf der Strontiumscale verzeichnet sind.

Solche Zeichnungen muss sich natürlich Jeder für seinen Apparat anfertigen, und sie verlieren ihre Bedeutung, wenn an der Stellung des Prismas oder der Scale etwas geändert wird. Aus diesem Grunde ist es zweckmässig, dem Apparate eine Einstellung zu geben, die leicht wiedergefunden werden kann, wenn sie durch einen Zufall gestört sein sollte, nämlich die, bei der dem linken Rand der Natriumlinie die Ablesung 50 entspricht.

Mit dem Auftreten der Spectralanalyse hat für die chemische Analyse in vielen Beziehungen eine neue Aera begonnen, denn wir vermögen mit Hülfe jener so kleine Mengen von Körpern zu entdecken, wie dies mit keiner anderen Methode möglich ist; dabei bietet das Verfahren eine Sicherheit, welche jeden Zweifel beseitigt, und liefert Resultate in Secunden, die sonst, wenn überhaupt erreichbar, doch nur in Stunden oder Tagen zu erhalten waren.

Anhang zum ersten Abschnitt.

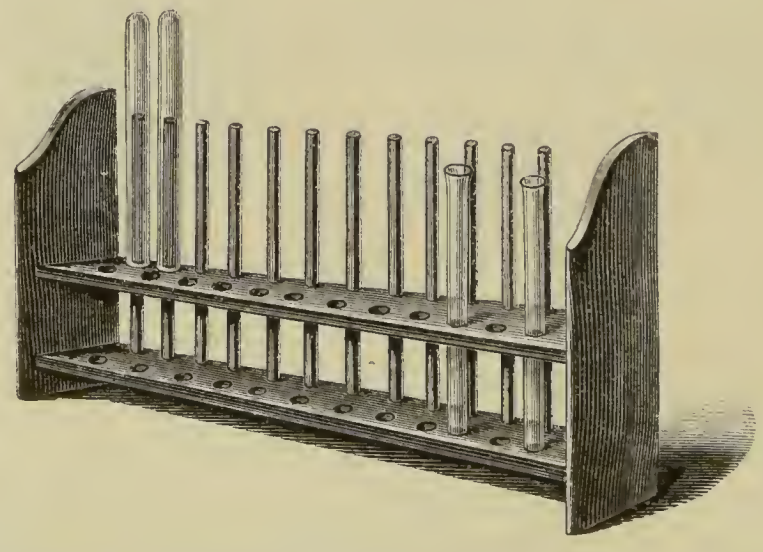
§. 18.

Apparate und Geräthschaften.

Da es Vielen, welche sich mit chemischen Analysen zu beschäftigen anfangen, schwer fallen dürfte, bei der Auswahl der dazu nöthigen Apparate und Geräthschaften sogleich die zweckmässigsten von den minder geeigneten, die nothwendigen von den entbehrlichen zu unterscheiden, so füge ich hier ein Verzeichniss bei, welches die zur Ausführung einfacher Untersuchungen wirklich erforderlichen Apparate in kurzer Zusammenstellung enthält, wobei ich zugleich Gelegenheit nehme, auf Einiges aufmerksam zu machen, was beim Einkauf oder der Anfertigung derselben besonders ins Auge zu fassen ist.

1. Eine Berzelius'sche Weingeistlampe (§. 16, Fig. 14).
2. Eine gläserne Weingeistlampe (§. 16, Fig. 16).
   Oder statt beider, wenn Leuchtgas zur Verfügung steht, eine Bunsen'sche Gaslampe, am besten eine solche mit Kranz und Schornstein (§. 16, Fig. 17, 18 und 22).
3. Ein Löthrohr (vergl. §. 15).
4. Ein Platintiegel. Man wähle einen, der etwa $^1/_2$ Loth Wasser fasst, dessen Deckel die Form eines flachen Schälchens hat und der im Verhältniss zur Breite nicht zu tief ist.
5. Platinblech. Man nimmt es nicht zu dünn, möglichst glatt und blank, von etwa 40^{mm} Länge und 25^{mm} Breite.
6. Platindraht (vergl. S. 24 und 30). Mit drei stärkeren und drei feineren Drähten hat man für den Anfang genug. Sie werden zweckmässig in einem Glase mit Wasser aufbewahrt. Man hat sie alsdann immer rein, da die meisten Perlen bei längerer Berührung mit dem Wasser aufweichen und sich lösen.
7. Ein Gestell mit 12 Probecylindern. Diese seien 16 bis 18 Centimeter lang und 1 bis 2 Centimeter weit. Alle müssen aus dünnem weissem Glase gefertigt und so gut abgekühlt sein, dass sie nicht springen, wenn siedendes Wasser eingegossen wird. Sie

Fig. 31.



müssen ferner einen etwas umgebogenen, ganz runden Rand und keine Schnauze haben, da solche Ausgüsse gar keinen Nutzen gewähren und ein festes Zustopfen sowie gründliches Schütteln sehr erschweren. — Eine zweckmässige Form des Gestelles zeigt Fig. 31. Die Zapfen der oberen Etage tragen die ausgespülten Röhrchen. Diese können so gut abtropfen und man hat sie immer hübsch trocken.
8. Einige Bechergläser und kleinere Kochflaschen, ziemlich dünn im Glas und gut abgekühlt.
9. Einige Porzellanschälchen und verschiedene kleine Porzellantiegel. Die aus der königlichen Porzellanfabrik in Berlin lassen,

was geeignete Form und Dauerhaftigkeit betrifft, nichts zu wünschen übrig. — Auch die von Meissen und Nymphenburg sind recht gut.

10. Einige Glastrichter von verschiedener Grösse. Sie müssen in einem Winkel von 60° geneigt sein und nicht allmählich in die Röhre verlaufen, sondern in einem bestimmten Winkel in dieselbe übergehen.
11. Eine Spritzflasche (siehe oben §. 7). Sie halte etwa 300 bis 400 Cubikcentimeter.
12. Einige Glasstäbchen und verschiedene Glasröhren. Letztere werden über der Berzelius'schen Lampe oder über der Gaslampe gebogen, ausgezogen u. s. w., erstere an den Enden rund geschmolzen.
13. Eine Auswahl Uhrgläser.
14. Eine kleine Reibschale von Achat.
15. Eine 4 bis 5 Zoll lange Pincette von Stahl oder Messing.
16. Ein hölzernes Filtrirgestell (§. 5).
17. Ein Dreifuss von dünnem Eisen zum Aufsetzen der Schalen etc., welche man über der kleinen Weingeist- oder Gaslampe erhitzen will.
18. Die §. 17 genannten gefärbten Gläser, namentlich ein blaues und grünes.

Zweiter Abschnitt.

Die Reagentien.

§. 19.

Bei Zerlegung und Vereinigung von Körpern können, wie bekannt, mannigfache Erscheinungen eintreten. Bald ändert eine Flüssigkeit ihre Farbe, bald entsteht ein Niederschlag, bald ein Aufbrausen, bald eine Verpuffung u. s. w. — Sind nun solche Erscheinungen sehr auffallend und begleiten sie nur das Aufeinanderwirken zweier bestimmter Körper, so ist es klar, dass man durch den einen dieser Körper immer die Gegenwart des anderen darthun kann. Wenn man z. B. weiss, dass beim Zusammenkommen von Baryt mit Schwefelsäure ein weisser Niederschlag von ganz bestimmten Eigenschaften entsteht, so ist es begreiflich, dass, wenn man durch Zusatz von Barytlösung zu irgend einer Flüssigkeit einen Niederschlag von demselben Verhalten bekommt, der Schluss nahe liegt, diese Flüssigkeit enthalte Schwefelsäure.

Die Körper nun, welche die Gegenwart anderer durch irgend auffallende Erscheinungen anzeigen, nennt man, in Betracht ihrer wechselseitigen Einwirkung, gegenwirkende Mittel, Reagentien.

Je nach dem Zwecke, den man durch die Anwendung der Reagentien erreicht, unterscheidet man allgemeine und besondere Reagentien. Unter den ersteren versteht man diejenigen, welche dazu dienen, die Classe oder Gruppe auszumitteln, zu welcher der zu untersuchende Körper zu rechnen ist, besondere aber nennt man solche, welche uns auf einzelne bestimmte Körper hinweisen. Dass die Grenze zwischen diesen beiden Abtheilungen durchaus nicht scharf gezogen werden kann, und dass ein und derselbe Körper öfters sowohl als allgemeines wie als besonderes Reagens in Anwendung kommt, thut dieser Eintheilung keinen wesentlichen Eintrag; sie soll ja nur darauf hinführen, dass wir uns über die Absicht, in welcher wir mit einem Reagens operiren, ob also eine Gruppe oder ein einzelner Körper charakterisirt werden soll, jedesmal deutliche Rechenschaft geben.

Während nun der Werth der allgemeinen Reagentien namentlich dadurch bedingt ist, dass sie Körpergruppen scharf charakterisiren und dass sie häufig auch die vollständige Trennung der zu einer Gruppe gehörenden Körper von denen ermöglichen, welche Glieder einer anderen Gruppe sind, hat man bei den besonderen Reagentien darauf zu achten, ob sie charakteristisch oder ob sie empfindlich sind. Charakteristisch ist ein Reagens, wenn die Veränderung, die es bei Gegenwart des Körpers, zu dessen Entdeckung es dienen soll, hervorbringt, so ausgezeichnet

st, dass sie keinen Fehlschluss zulässt. Eisen ist also ein charakteristi-ches Reagens für Kupfer, Zinnchlorür für Quecksilber, weil die dadurch ervorgebrachten Erscheinungen, die Ausscheidung des metallischen Ku-fers und der Quecksilberkügelchen, keine Verwechselung möglich machen. Empfindlich ist ein Reagens, wenn seine Wirkung noch deutlich ist, uch wenn nur eine höchst geringe Menge des zu ermittelnden Körpers ugegen ist, z. B. Stärkemehl auf Jod.

Sehr viele Reagentien sind zugleich charakteristisch und empfindlich, z. B. Chlorgold auf Zinnoxydul, Ferrocyankalium auf Eisenoxyd und Kupferoxyd u. s. w.

Dass die Reagentien, wenn ihre Aussagen zuverlässig sein sollen, n der Regel unbedingt chemisch rein sein müssen, das heisst, dass ausser len Bestandtheilen, welche wir als ihre wesentlichen kennen, keine uns nbekannten Körper darin enthalten sein dürfen, bedarf kaum der Erwähnung. Es geht daraus die Regel hervor, dass man ein Reagens, sei es, dass man es selbst dargestellt, sei es, dass man es käuflich bezogen habe, einer sorgfältigen Prüfung unterwerfen muss, bevor man sich seiner zur Untersuchung bedient. So leicht nun auch die Nothwendigkeit der Prüfung der Reagentien auf ihre Reinheit eingesehen wird, so häufig wird dieselbe zum grossen Nachtheil der Resultate unterlassen. Wie oft wird z. B. Thonerde gefunden, weil die Kali- oder Natronlauge solche enthält, — Eisen, weil der Salmiak eisenhaltig ist u. s. w. — Dass bei der nachfolgenden Anleitung zur Prüfung der Reagentien auf ihre Reinheit nur auf die Stoffe Rücksicht genommen werden konnte, mit welchen sie in Folge ihrer Bereitungsart leicht verunreinigt sind, nicht aber auf ganz zufällige Verunreinigungen, versteht sich von selbst.

Das Verfehlen des gehörigen Maasses, der richtigen Quantität beim Zusatz eines Reagens zu einem zu prüfenden Körper ist eine der gewöhnlichsten Fehlerquellen bei qualitativen Analysen. Ausdrücke, wie ein Zusatz im Ueberschuss, Uebersättigen u. a. m., verleiten den Anfänger oft zu der Meinung, man könne von dem Reagens gar nicht zu viel zusetzen, und damit sie nur keine zu geringe Menge nehmen, giessen Manche, um einige Tropfen einer alkalischen Flüssigkeit zu übersättigen, ein Proberöhrchen voll Säure zu, während doch jeder Tropfen der Säure, welcher zugesetzt wird, nachdem einmal der Neutralitätspunkt erreicht ist, schon als ein Säureüberschuss angesehen werden muss. Ebenso wie nun ein zu reichlicher, so muss auch ein zu geringer Zusatz vermieden werden, indem bei unzureichender Menge eines Reagens oft ganz andere Erscheinungen eintreten, als bei einem Ueberschuss desselben. So wird z. B. Quecksilberchlorid von wenig Schwefelwasserstoff weiss, von überschüssigem aber schwarz gefällt. Als Erfahrungssatz jedoch kann aufgestellt werden, dass sich Anfänger ihre Arbeiten gewöhnlich dadurch erschweren und unsicher machen, dass sie zu reichliche Mengen von den Reagentien zusetzen. Ein Grund, warum dadurch die Untersuchung an Sicherheit verliert, liegt am Tage, wenn man sich erinnert, dass die

durch Reagentien bewirkten Veränderungen alle nur bis zu einer g wissen Grenze bemerkbar sind, dass sie also um so weniger ins Au fallen, um so leichter übersehen werden, je mehr man sich dieser Gren durch Verdünnung der Flüssigkeit nähert, — andere Gründe liegen o darin, dass grosse Reagentienüberschüsse auflösend oder verändernd a die Körper wirken, welche man als Niederschläge abscheiden oder a Färbungen erkennen will, so dass man durch Anwendung zu gross Reagentienüberschüsse das Eintreten von Erscheinungen öfters ganz ve hindert, welche bei Zusatz einer geeigneten Quantität ohne Schwierigke eingetreten sein würden.

In Betreff der Vermeidung dieser besprochenen Fehlerquellen lasse sich durchaus keine besonderen Gesetze aufstellen, wohl aber ein allg meines, und dieses reicht auch hin, in allen, wenigstens in den meiste Fällen stets das richtige Maass zu treffen. Es besteht einfach dari dass man jedesmal vor dem Zusatz eines Reagens klar überdenkt, i welcher Absicht man es anwendet, welche Erscheinung man dadur hervorrufen will, und welche Folgen der Zusatz eines Ueberschusses ha

Je nachdem man den zum Einwirken der Reagentien nothwendige flüssigen Zustand durch Hitze oder durch nasse Lösungsmittel herstell unterscheidet man Reagentien auf trocknem und Reagentien au nassem Wege. Der Uebersicht wegen bringen wir diese Hauptgruppe in folgende Unterabtheilungen:

A. Reagentien auf nassem Wege.
   I. Einfache Lösungsmittel.
   II. Säuren und Halogene.
      a. Sauerstoffsäuren.
      b. Wasserstoffsäuren und Halogene.
      c. Sulfosäuren.
   III. Basen und Metalle.
      a. Sauerstoffbasen.
      b. Sulfobasen.
   IV. Salze.
      a. Der Alkalien.
      b. Der alkalischen Erden.
      c. Der Oxyde der Schwermetalle.
   V. Farbstoffe und indifferente Pflanzensubstanzen.

B. Reagentien auf trocknem Wege.
   I. Aufschliessungs- und Schmelzmittel.
   II. Löthrohrreagentien.

Die häufiger gebrauchten und wichtigeren Reagentien bespreche ich in diesem zweiten Abschnitte, die nur in ganz vereinzelten Fällen zur Anwendung kommenden aber an den betreffenden Stellen des Buches in Anmerkungen.

A. Reagentien auf nassem Wege.

I. Einfache Lösungsmittel.

Dieselben sind dadurch charakterisirt, dass sie mit den Substanzen, elche sie lösen, eigentliche chemische Verbindungen nicht eingehen. Sie sen daher bis zu einer gewissen Grenze, dem Sättigungspunkt, beliebige engen, — der Sättigungspunkt ist abhängig von der Temperatur, — e wesentlichen Eigenschaften der gelösten Substanzen (Geschmack, eaction, Farbe, Wirkung etc.) werden durch das Lösungsmittel nicht rnichtet (vergl. §. 2).

§. 20.

1. Wasser (H O).

Bereitung. Man destillirt Brunnenwasser aus einer kupfernen Blase it Helm und Kühlrohr von reinem Zinn (weniger gut aus einer Glastorte) und lässt ein Viertheil desselben zurück. Soll das destillirte asser völlig frei von Kohlensäure und kohlensaurem Ammon sein, so rwirft man die zuerst übergehenden Portionen. — In grösseren chemien und in den meisten pharmaceutischen Laboratorien liefern die zum ocknen, Erhitzen, Kochen etc. dienenden Dampfapparate das destillirte asser. — Im Freien aufgefangenes Regenwasser kann das destillirte asser in vielen Fällen ersetzen*).

Prüfung. Es muss farblos, geruchlos und geschmacklos sein, darf einem Platingefässe verdampft, nicht den mindesten Rückstand lassen. hwefelammonium darf es nicht verändern (Kupfer, Blei, Eisen), Barytsser nicht trüben (Kohlensäure). Es darf ferner, auch bei längerer nwirkung, nicht getrübt werden durch oxalsaures Ammon (Kalk), Chlorryum unter Zusatz von etwas Salzsäure (schwefelsaure Salze), salpeterures Silberoxyd unter Zusatz von etwas Salpetersäure (Chlormetalle), ch nicht durch Quecksilberchlorid unter Zusatz von etwas kohlensaun Natron (Ammoniak).

Anwendung. Das Wasser**) dient uns als einfaches Lösungsmittel eine sehr grosse Anzahl von Körpern. Es befindet sich am besten der Spritzflasche (Fig. 3 auf Seite 13), damit man es jeden Augenck je nach Bedarf in dickerem oder dünnerem Strahl zur Hand hat. —

*) In Betreff der Darstellung eines auch von organischen Materien absolut freien ssers vergl. Stas, Zeitschrift für analyt. Chem. 6. 417. — **) Da wir uns bei mischen Untersuchungen nur des destillirten Wassers bedienen können, so sei hier erklärt, dass in dem ganzen Buche unter Wasser stets destillirtes Wasser zu verien ist.

Specielle Anwendung findet das Wasser zur Zerlegung einiger neutrale Metallsalze in saure lösliche und basische unlösliche Verbindungen, in besondere der Wismuthsalze und des Chlorantimons.

§. 21.

2. Alkohol ($C_4H_6O_2$).

Bereitung. Man braucht bei Analysen erstens einen Weingeist vo 0,83 bis 0,84 specif. Gewicht gleich 91 bis 88 Volumprocenten, den Spiritu Vini rectificatissimus der Apotheken, und zweitens absoluten Alkoho Den letzteren stellt man am bequemsten dar, indem man in einem De stillirgefässe 1 Thl. geschmolzenes Chlorcalcium mit 2 Thln. käuflicher Spiritus von etwa 90 Volumprocenten 2 bis 3 Tage lang bis zu erfolgte Auflösung digerirt, dann langsam und fractionirt destillirt. So lange da Destillat ein geringeres specif. Gewicht als 0,810 (entsprechend 96, Volumprocent) zeigt, kann es als absoluter Alkohol gelten; die spätere Portionen werden gesondert aufgefangen.

Prüfung. Er muss sich vollständig verflüchtigen, darf, zwischen de Händen gerieben, keinen Fuselölgeruch hinterlassen und feuchtes Lacl muspapier, blaues wie rothes, nicht verändern. Angezündet muss er m schwach bläulicher, wenig sichtbarer Flamme verbrennen.

Anwendung. Der Alkohol dient: a) zur Trennung darin lösliche Körper von solchen, welche sich darin nicht lösen, z. B. des Chlorstron tiums von Chlorbaryum, — b) zur Ausfällung mancher Körper, welch in wässerigem Weingeist unlöslich sind, aus ihrer Lösung in Wasse z. B. des Gypses, des äpfelsauren Kalkes, — c) zur Erzeugung vo Aetherarten, z. B. des durch seinen Geruch charakterisirten Essigäthers, - d) zur Reduction einiger Hyperoxyde und Metallsäuren, meist unter Mi wirkung von Säure, so des Bleihyperoxydes, der Chromsäure etc., - e) zur Erkennung einiger Substanzen, welche die Flamme darüber ange zündeten Weingeistes eigenthümlich färben, namentlich der Borsäur des Strontians, des Kalis, Natrons und Lithions.

§. 22.

3. Aether (C_4H_5O),
4. Chloroform (C_2HCl_3),
5. Schwefelkohlenstoff (CS_2).

Diese Lösungsmittel finden bei der qualitativen Analyse unorganische Körper eine beschränkte Anwendung; sie werden nämlich fast nur zu Erkennung und Abscheidung von Brom und Jod benutzt. Chlorofor und Schwefelkohlenstoff sind in dieser Beziehung dem Aether vorzuziehe Der letztere dient auch zur Erkennung der Chromsäure mittelst Wasse stoffhyperoxydes.

Diese Präparate werden weit besser im Grossen als im Kleinen dargestellt und daher am besten käuflich bezogen.

Prüfung. Der Aether muss ein specif. Gewicht von 0,713 bei 20° C. haben und 9 Thle. Wasser zur Lösung erfordern. Die Lösung darf Reagenspapiere nicht verändern. Auf einem Uhrglase muss der Aether schon bei gewöhnlicher Temperatur schnell und vollständig verdunsten. — Das Chloroform muss wasserhell und von 1,48 specif. Gewicht sein. Es soll nicht sauer reagiren und eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd nicht trüben. Mit 2 Vol. Wasser geschüttelt, darf sein Volum sich nicht merklich verringern. Auf einem Uhrglase muss es sich leicht und vollständig schon bei gewöhnlicher Temperatur verflüchtigen. — Der Schwefelkohlenstoff sei farblos, ohne Wirkung auf kohlensaures Bleioxyd, schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht und vollständig flüchtig.

II. Säuren und Halogene.

§. 23.

Die Säuren, wenigstens die von ausgesprochenem Charakter, sind in Wasser löslich. Die Lösungen schmecken sauer und röthen Lackmus. Die Säuren zerfallen in Sauerstoffsäuren, Sulfosäuren und Wasserstoffsäuren.

Die Sauerstoffsäuren, in der Regel aus der Verbindung eines nichtmetallischen Elementes mit Sauerstoff hervorgehend, vereinigen sich mit Wasser in festen Verhältnissen zu Säurehydraten. Diese letzteren sind es, mit denen man meistens zu thun hat, sie sind in den wässerigen Lösungen der Säuren enthalten, sie bezeichnet man gewöhnlich mit dem Namen der freien Säure, weil das Hinzutreten des Wassers die sauren Eigenschaften nicht aufhebt. Wirken sie auf Metalloxyde, so tritt das Oxyd an die Stelle des Hydratwassers und es entsteht ein Sauerstoffsalz: ($HO, SO_3 + KO = KO, SO_3 + HO$). Gehen solche Salze aus der Vereinigung der Säure mit einer starken Base hervor, so reagiren die Salze (vorausgesetzt, dass auch die Säure eine starke war) neutral, — war dagegen die Base eine schwächere, z. B. das Oxyd eines Schwermetalls, so reagiren sie in der Regel sauer, heissen aber nichtsdestoweniger dann neutrale Salze, wenn der Sauerstoff der Base zu dem Sauerstoff der Säure in demselben Verhältnisse steht, welches man bei erkennbar neutralen Salzen derselben Säure beobachtet, d. h. wenn es der Sättigungscapacität der Säure entspricht. Das schwefelsaure Kali (KO, SO_3) reagirt neutral, der Kupfervitriol ($CuO, SO_3 + 5$ aq.) sauer; letzterer heisst aber doch neutrales schwefelsaures Kupferoxyd, weil der Sauerstoff des Kupferoxyds zu dem der Schwefelsäure in dem Verhältnisse 1 : 3 steht, d. h. in demselben, in welchem auch der Sauerstoff des Kalis zu dem der Schwefelsäure in dem erkennbar neutralen schwefelsauren Kali steht.

Die Wasserstoffsäuren gehen aus der Vereinigung der Halogene mit Wasserstoff hervor. Die meisten zeigen den Charakter der Säuren in hervortretendem Grade. Sie neutralisiren Sauerstoffbasen; hierbei entstehen Haloidsalze und Wasser: HCl und NaO = NaCl und HO, — 3 HCl und Fe_2O_3 = Fe_2Cl_3 und 3 HO. Die Haloidsalze, welche aus dem Einwirken starker Wasserstoffsäuren auf starke Basen hervorgehen, reagiren neutral, während die Lösungen derer sauer reagiren, welche aus der Einwirkung starker Wasserstoffsäuren auf schwache Basen (z. B. Thonerde oder Eisenoxyd) hervorgegangen sind.

Die Sulfosäuren gehen häufiger aus der Vereinigung metallischer als nichtmetallischer Elemente mit Schwefel hervor; sie vereinigen sich mit Sulfobasen zu Sulfosalzen: HS + KS = KS, HS, — AsS_5 + 3 NaS = 3 NaS, AsS_5. Da die Sulfosäuren schwache Säuren sind, reagiren die löslichen Sulfosalze alle alkalisch.

a. Sauerstoffsäuren.

§. 24.

1. Schwefelsäure (HO, SO_3).

Man gebraucht

a. Concentrirte käufliche, sogenannte englische, Schwefelsäure,

b. Concentrirte reine Schwefelsäure.

Zur Darstellung chemisch reiner Schwefelsäure aus gewöhnlicher Schwefelsäure empfehle ich folgende Methoden:

α. Man erhitzt, um zunächst die meist in geringer Menge anwesenden Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs zu zerstören, 1000 Grm. englische Schwefelsäure nach Zusatz von 3 Grm. schwefelsauren Ammons in einer Porzellanschale, bis reichliche Schwefelsäuredämpfe zu entweichen anfangen. Nach einigem Abkühlen setzt man 4 bis 5 Grm. gröblich gepulverten Braunstein zu und erhitzt damit unter Umrühren zum Sieden (Blondlot), um etwa anwesende arsenige Säure in Arsensäure überzuführen. Nach dem Erkalten giesst man die Säure mittelst eines langen Trichterrohres in den Bauch einer beschlagenen Glasretorte von dem Bodensatze ab. Die Retorte werde dadurch nur halb gefüllt; man erhitzt sie direct über Kohlen. Um alles Stossen zu vermeiden, stellt man die Retorte zweckmässig auf einen umgekehrten Tiegeldeckel, auf dass ihr Bauch mehr von den Seiten als von unten erhitzt wird. Der Hals der Retorte muss so weit in die Vorlage reichen, dass die abdestillirende Säure direct in den Bauch tröpfelt. Abkühlung der Vorlage durch Wasser ist unnöthig und gefährlich. Um die directe Berührung des Kolbens mit dem heissen Retortenhalse zu verhindern, umkleidet man diesen an der betreffenden Stelle mit etwas langfaserigem Asbest. — Wenn etwa 10 bis 15 Grm. übergegangen sind, wechselt man die Vorlage und destillirt $^3/_4$ des Retorteninhaltes ab. Die Methode beruht auf der von Bussy und

Buignet ermittelten Thatsache, dass eine Schwefelsäure, welche Arsen als Arsensäure enthält, ein arsenfreies Destillat liefert.

β. Eine andere, ebenfalls gute Methode besteht darin, dass man zu 4 Thln. Wasser 1 Thl. englische Schwefelsäure giesst und unter Erhitzen der Flüssigkeit auf 70° C. längere Zeit Schwefelwasserstoff in langsamem Strome einleitet. Man lässt alsdann mehrere Tage ruhig stehen, giesst die klare Flüssigkeit von dem aus Schwefel, Schwefelblei und vielleicht Schwefelarsen bestehenden Niederschlag ab und erhitzt in einer tubulirten Retorte mit schräg aufwärts gerichtetem Halse und offenem Tubulus, bis mit den Wasserdämpfen Schwefelsäuredämpfe entweichen. Die so gereinigte Säure ist zu vielen Verwendungen geradezu geeignet; soll dieselbe auch frei sein von allen nichtflüchtigen Substanzen, so destillirt man sie aus einer beschlagenen Retorte, wie in *α* angegeben. Sobald die Tropfen im Retortenrohre ölig werden, wechselt man die Vorlage und bewahrt die von jetzt an übergehende concentrirte Säure gesondert auf.

c. Gewöhnliche verdünnte Schwefelsäure. Dieselbe wird bereitet, indem man zu 5 Thln. Wasser, welches sich in einer Blei- oder Porzellanschale befindet, allmählich und unter Umrühren 1 Thl. englische Schwefelsäure setzt. Man lässt die durch ausgeschiedenes schwefelsaures Bleioxyd getrübte Flüssigkeit sich klären und giesst sie zuletzt von dem Niederschlage ab.

Prüfung. Chemisch reine Schwefelsäure muss farblos sein, sie darf, in einem Proberöhrchen mit farbloser Eisenvitriollösung übergossen, sich an der Berührungsschicht nicht braun färben (Salpetersäure, Untersalpetersäure), — darf, mit 20 Thln. Wasser verdünnt, mit Stärkekleister versetzte Jodkaliumlösung nicht bläuen (Untersalpetersäure), — muss mit reinem Zink und Wasser Wasserstoffgas liefern, welches beim Durchleiten durch eine glühende Röhre keinen Anflug von Arsen gibt, — muss, in einem Platingefässe erhitzt, sich vollständig verflüchtigen und mit 4 bis 5 Thln. Weingeist vermischt vollkommen klar bleiben (Bleioxyd, Eisenoxyd, Kalk). — Einen geringen Bleigehalt entdeckt man übrigens am leichtesten, indem man auf die — in einem Proberöhrchen befindliche — Schwefelsäure etwas Salzsäure giesst. Entsteht an der Berührungsstelle eine Trübung (Chlorblei), so ist Blei vorhanden. — Einen Gehalt an schwefliger Säure entdeckt man leicht durch den Geruch, nachdem man die Säure in halbgefüllter Flasche geschüttelt hat. —

Anwendung. Da die Schwefelsäure zu den meisten Basen grössere Verwandtschaft hat, als beinahe alle übrigen Säuren, so bedient man sich ihrer besonders zum Freimachen und Austreiben anderer Säuren, namentlich der Phosphorsäure, Borsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Essigsäure. — Auf die grosse Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Wasser gründet sich die Zersetzung mehrerer Körper, welche ohne Wasser nicht bestehen können (z. B. die der Oxalsäure), wenn sie mit concentrirter Schwefelsäure zusammenkommen. Die freiwerdenden Zersetzungsproducte

lassen alsdann auf den zersetzten Körper schliessen. — Die Schwefelsäure ist ausserdem zur Entwickelung mehrerer Gase, besonders des Wasserstoffgases und Schwefelwasserstoffs, in häufigem Gebrauch. — Zur Entdeckung und Fällung des Baryts, Strontians und Bleies findet sie endlich specielle Anwendung. Welche Art Schwefelsäure, ob reine oder gewöhnliche käufliche, ob concentrirte oder verdünnte anzuwenden ist, lehrt die Betrachtung der Umstände in jedem einzelnen Falle; es wird übrigens in der Regel unten mitgetheilt werden.

§. 25.

2. Salpetersäure (HO, NO_5).

Bereitung. a. Man erhitzt in einer Glasretorte käufliche, möglichst chlorfreie Salpetersäure von mindestens 1,31 specifischem Gewicht (bei schwächerer Säure ist das Verfahren nicht anwendbar) unter Zusatz von etwas salpetersaurem Kali zum Sieden, fängt das Destillat in einer abzukühlenden Vorlage auf und prüft von Zeit zu Zeit, ob es eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd noch fällt oder trübt. Sobald dies nicht mehr der Fall, wechselt man die Vorlage und destillirt, bis in der Retorte sich nur noch ein kleiner Rest befindet. Das Destillat verdünnt man bis zu einem specifischen Gewicht von 1,2.

b. Man verdünnt rohe käufliche Salpetersäure von etwa 1,38 specif. Gewicht mit $^2/_5$ ihres Gewichtes Wasser, fügt so lange eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd hinzu, bis kein Niederschlag von Chlorsilber mehr entsteht, dann noch einen geringen weiteren Ueberschuss von Silberlösung, lässt absitzen, giesst die vollkommen klare Säure in eine Retorte oder einen Kolben mit eingeschliffenem Helm, bringt etwas chlorfreien Salpeter hinzu und destillirt, unter guter Abkühlung der Dämpfe, bis auf einen kleinen Rest über. Das Destillat verdünnt man alsdann, wenn nöthig, wie in a. angegeben.

Prüfung. Die Salpetersäure muss farblos sein und darf, auf einem Platinblech verdampft, keinen Rückstand lassen. Salpetersaures Silberoxyd und salpetersaurer Baryt dürfen sie nicht trüben. Vor dem Zusatz dieser Reagentien ist die Säure stark mit Wasser zu verdünnen, widrigenfalls sich salpetersaure Salze niederschlagen können. Auf etwaigen Gehalt an Silber prüft man durch Zusatz von etwas Salzsäure zu der verdünnten Säure.

Anwendung. Die Salpetersäure dient erstlich als chemisches Lösungsmittel für Metalle, Oxyde, Schwefelverbindungen, Sauerstoffsalze u. s. w. Ihre Wirkung beruht bei den Metallen und Schwefelmetallen auf Oxydation dieser Körper auf Kosten eines Theils des Sauerstoffs der Säure und auf nachheriger Auflösung der gebildeten Oxyde zu salpetersauren Salzen. Die meisten Oxyde werden von Salpetersäure geradezu als salpetersaure Salze gelöst, ebenso die meisten in Wasser unlöslichen

Salze mit schwächeren Säuren, indem bei den letzteren die Salpetersäure die schwächere Säure austreibt. — Salze mit löslichen, nicht flüchtigen Säuren, z. B. phosphorsauren Kalk, löst sie ebenfalls, es entsteht salpetersaurer und saurer phosphorsaurer Kalk. — Die Salpetersäure dient ferner als Oxydationsmittel, z. B. zur Ueberführung des Eisenoxyduls in Oxyd, des Zinns in Zinnoxyd etc.

§. 26.

3. Essigsäure ($HO, C_4H_3O_3 = HO, \overline{A}$).

Da man bei der qualitativen Analyse niemals eine sehr starke Essigsäure nöthig hat, so genügt die unter den Namen *Acidum aceticum dilutum* oder *Acetum concentratum* im Handel vorkommende, durch Destillation von reinem essigsaurem Natron mit Schwefelsäurehydrat unter Zusatz von etwas Wasser erhaltene Säure von 1,038 specif. Gewicht, entsprechend einem Gehalte von 28 Proc. Essigsäurehydrat.

Prüfung. Die Säure darf beim Verdampfen keinen Rückstand lassen und — nach dem Sättigen mit kohlensaurem Natron — nicht brenzlich riechen. — Schwefelwasserstoff, Silber- und Barytlösung dürfen die verdünnte Säure nicht färben oder trüben, ebensowenig Schwefelammonium nach Neutralisation der Säure durch Ammon. Indigolösung darf beim Erhitzen mit der Säure nicht entfärbt werden. — Empyreumatische Stoffe entdeckt man am sichersten, wenn man die Essigsäure mit kohlensaurem Natron neutralisirt und etwas Lösung von übermangansaurem Kali zufügt. Entfärbung und später brauner Niederschlag lässt das Empyreuma erkennen.

Erweist sich die Säure nicht als rein, so rectificirt man sie in einer Glasretorte unter Zusatz von etwas essigsaurem Natron, enthielt sie schweflige Säure (wird sie durch Schwefelwasserstoff weiss getrübt), nach vorhergegangener Digestion mit etwas braunem Bleisuperoxyd oder fein gepulvertem Braunstein. Man destillirt nicht völlig zur Trockne.

Anwendung. Die Anwendung der Essigsäure bei der qualitativen Analyse gründet sich meistens darauf, dass sie ein ungleiches Lösungsvermögen für verschiedene Substanzen hat. So wird sie z. B. zur Unterscheidung des oxalsauren Kalkes vom phosphorsauren angewandt. — Die Essigsäure dient ferner zum Ansäuern von Flüssigkeiten, wenn Mineralsäuren vermieden werden sollen.

§. 27.

4. Weinsteinsäure ($2\,HO, C_8H_4O_{10}, = 2\,HO, \overline{T}$).

Die Weinsteinsäure kommt hinlänglich rein im Handel vor. Sie wird am besten als Pulver vorräthig gehalten, da ihre Lösung sich bei längerem Aufbewahren unter Schimmelbildung zersetzt. Zum Gebrauch löst man sie in wenig Wasser durch Erwärmen auf.

Anwendung. Wird Weinsteinsäure einer Lösung von Eisenoxyd, Thonerde und verschiedenen anderen Metalloxyden zugesetzt und alsdann ein Alkali hinzugefügt, so werden die sonst fällbaren Oxyde nicht niedergeschlagen, weil sich durch Alkalien unzerlegbare weinsaure Doppelsalze gebildet haben.

Es kann daher die Weinsteinsäure zur Trennung der genannten Metalle von Körpern, deren Fällung sie nicht verhindert, benutzt werden. — Die Weinsteinsäure bildet mit Kali, nicht aber mit Natron, ein schwer lösliches saures Salz. Sie ist daher ein vortreffliches Mittel, das Kali vom Natron zu unterscheiden. Besser noch als die freie Säure wendet man zu letzterem Zwecke das saure weinsteinsaure Natron an. Man bereitet dasselbe, indem man von zwei gleichen Theilen Weinsteinsäure den einen, nachdem man ihn in Wasser gelöst, mit kohlensaurem Natron neutralisirt, dann den anderen zufügt und die Lösung bis zum Krystallisationspunkte verdampft. Beim Gebrauch löst man 1 Thl. des Salzes in etwa 10 Thln. Wasser.

b. Wasserstoffsäuren und Halogene.

§. 28.

1. Chlorwasserstoffsäure (HCl).

Bereitung. Man übergiesst in einer Retorte 4 Thle. Kochsalz mit einer erkalteten Mischung von 7 Thln. englischer Schwefelsäure und 2 Thln. Wasser, richtet den Hals der Retorte etwas in die Höhe, erwärmt sie im Sandbade, so lange noch Gas übergeht, und leitet das sich entwickelnde mittelst einer zweischenkligen Röhre in einen beständig abzukühlenden Kolben, welcher 6 Thle. Wasser enthält. Die Röhre lässt man, um ein Zurücksteigen zu verhüten, nur etwa eine Linie in das vorgeschlagene Wasser tauchen. Nach beendigter Operation prüft man das specifische Gewicht der erhaltenen Säure und verdünnt sie mit Wasser, bis sie 1,11 bis 1,12 wiegt. Soll die Säure sicher absolut rein und frei von jeder Spur von Arsen und Chlor sein, so reinigt man die zu verwendende Schwefelsäure zuerst von Arsen und Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs nach §. 24. — Auch aus roher Salzsäure des Handels lässt sich reine Säure billig erhalten. Man verdünnt dieselbe zu dem Ende bis auf ein specifisches Gewicht von 1,12 und destillirt sie dann unter Zusatz von etwas Chlornatrium, — oder man bringt sie concentrirt in die Retorte und gibt auf je 100 Theile 60 Theile Wasser in die ohne Lutum anzufügende Vorlage. — Enthält die rohe Säure Chlor, so vernichtet man dies durch vorsichtigen Zusatz von wässeriger schwefliger Säure, enthält sie dagegen schweflige Säure, so vernichtet man diese durch vorsichtigen Zusatz von etwas Chlorwasser, ehe man die Salzsäure rectificirt. — Nicht selten enthält die Salzsäure etwas Chlorarsen, herrührend von arsenhaltiger Schwefelsäure. Soll sie davon befreit wer-

den, so mischt man 1 Thl. der Säure mit 2 Thln. Wasser, leitet Schwefelwasserstoff ein, giesst nach längerem Stehen von dem ausgeschiedenen Schwefel und Schwefelarsen ab, und erhitzt, um den Schwefelwasserstoff zu verjagen.

Prüfung. Die Salzsäure muss farblos sein und beim Verdampfen keinen Rückstand lassen. Färbt sie sich beim Abdampfen gelb, so enthält sie Eisenchlorid. Sie darf Jodkaliumkleister nicht bläuen (Chlor, oder auch Eisenchlorid), Indigblau nicht zerstören (Chlor) und eine durch Jodstärke schwach blaue Flüssigkeit nicht entfärben (schweflige Säure). Chlorbaryum darf in der stark verdünnten Säure keinen Niederschlag geben (Schwefelsäure). Schwefelwasserstoff muss die verdünnte Säure unverändert lassen (Arsen), ebenso Schwefelammonium nach vorhergegangener Neutralisation durch Ammon (Eisen, Thallium).

Anwendung. Die Salzsäure dient uns als Lösungsmittel für eine sehr grosse Anzahl von Körpern; — viele Metalle und Schwefelmetalle löst sie unter Entbindung von Wasserstoff, beziehungsweise Schwefelwasserstoff, zu Chlormetallen; — Oxyde und Superoxyde löst sie als Chloride auf, indem im letzten Falle meistens Chlor frei wird; — Salze mit unlöslichen oder flüchtigen Säuren verwandelt sie ebenfalls in Chlormetalle unter Abscheidung der Säure, z. B. kohlensauren Kalk; — Salze mit nicht flüchtigen und löslichen Säuren löst sie scheinbar ohne Zersetzung z. B. phosphorsauren Kalk. Bei Lösungen letzterer Art bildet sich ein Chlormetall und ein lösliches saures Salz der anderen Säure, z. B. bei dem phosphorsauren Kalk: Chlorcalcium und saurer phosphorsaurer Kalk. Bei Salzen solcher Säuren, welche keine löslichen sauren Salze mit den betreffenden Basen bilden, entstehen Chlormetalle, während die abgeschiedenen Säuren frei in Lösung bleiben (borsaurer Kalk). — Die Salzsäure findet ausserdem specielle Anwendung zur Entdeckung und Abscheidung des Silberoxyds, Quecksilberoxyduls und Bleies (siehe unten), wie auch zur Erkennung des Ammoniaks an der auf der Entstehung von Salmiak in der Luft beruhenden Nebelbildung.

§. 29.

2. Chlor (Cl) und Chlorwasser.

Bereitung. Man vermischt 18 Thle. grobes Kochsalz mit 15 Thln. fein gepulvertem gutem, auch von kohlensaurem Kalk freiem Braunstein und giesst auf das in einem Kolben befindliche Gemenge eine völlig erkaltete Mischung von 45 Thln. englischer Schwefelsäure und 21 Thln. Wasser. Nach dem Umschütteln beginnt sehr bald von selbst eine gleichmässige und anhaltende Entwickelung von Chlorgas. Sie kann, wenn sie abnimmt, durch gelindes Erhitzen sogleich wieder verstärkt werden. Diese Vorschrift von Wiggers kann ich bestens empfehlen. Das sich entwickelnde Gas leitet man erst durch einen etwas Wasser ent-

haltenden Kolben, sodann in eine mit kaltem Wasser gefüllte Flasche bis zur Sättigung. Kommt es darauf an, ein ganz bromfreies Chlorwasser zu erhalten, so wechselt man, nachdem etwa die Hälfte des Chlorgases ausgetrieben ist, das Waschfläschchen und leitet das nun kommende Gas in eine besondere mit Wasser gefüllte Flasche. Gilt es ein von Chlorwasserstoff völlig freies Chlorgas darzustellen, so leitet man dasselbe zunächst durch eine Uförmige Röhre, welche Braunsteinstückchen enthält. — Das Chlorwasser muss im Keller und gegen alles Licht geschützt aufbewahrt werden, da es sich ohne diese Vorsicht bald vollständig zersetzt, d. h. unter Sauerstoffentwickelung (von zersetztem Wasser herrührend) in verdünnte Salzsäure übergeht. Kleinere Vorräthe zum Gebrauche im Laboratorium hebt man am besten in einem Fläschchen auf, welches durch ein Futteral von Pappe vor dem Lichteinfluss bewahrt ist. — Chlorwasser, welches nicht mehr stark riecht, ist zu verwerfen.

Anwendung. Das Chlor hat sowohl zu Metallen als auch zu Wasserstoff grössere Verwandtschaft als das Jod und Brom. Wir haben daher an dem Chlorwasser ein Mittel, das Jod und Brom aus ihren Verbindungen auszutreiben. — Das Chlor dient ausserdem zur Vermittelung der Lösung von Metallen (Gold, Platin), zur Zersetzung von Schwefelmetallen, zur Oxydation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure, des Eisenoxyduls zu Eisenoxyd etc., sowie auch zur Zerstörung organischer Substanzen, indem es bei Gegenwart derselben vorhandenem Wasser seinen Wasserstoff entzieht, so dass der freiwerdende Sauerstoff sich mit den Pflanzenstoffen verbinden und eine Zersetzung derselben bewirken kann. Behufs dieser letzteren Anwendung entwickelt man am zweckmässigsten das Chlor erst in der Flüssigkeit, welche die organischen Substanzen enthält, indem man ihr Salzsäure zusetzt, sie erhitzt und alsdann chlorsaures Kali hinzufügt. — Es entsteht Chlorkalium, Wasser, freies Chlor und zweifach chlorsaure chlorige Säure, welche dem Chlor ähnlich wirkt.

§. 30.

3. Königswasser.

Bereitung. Man mischt einen Theil reiner Salpetersäure mit 3 bis 4 Theilen reiner Salzsäure.

Anwendung. Salpetersäure und Salzsäure zerlegen sich in der Art, dass — wie Gay-Lussac gezeigt hat — meistens zwei bei gewöhnlicher Temperatur gasförmige Verbindungen, NO_2Cl_2 und NO_2Cl, ferner freies Chlor und Wasser entstehen: $HO, NO_5 + 3HCl = NO_2Cl_2 + Cl + 4HO$ und $HO, NO_5 + 3HCl = NO_2Cl + 2Cl + 4HO$. Diese Zerlegung hört auf, wenn die Flüssigkeit mit dem Gase gesättigt ist; sie beginnt sogleich wieder, wenn dieser Sättigungszustand durch Erwärmen oder durch Zersetzung der Säure aufhört. — Durch den Gehalt an freiem Chlor, sowie auch — jedoch in völlig untergeordnetem Grade — an den genann-

ten Säuren ist das Königswasser unser stärkstes Lösungsmittel für Metalle, diejenigen ausgenommen, welche mit Chlor unlösliche Verbindungen bilden. Seine Hauptanwendung ist die zur Lösung des Goldes und Platins, welche sowohl in Salzsäure als in Salpetersäure unlöslich sind, zur Zersetzung verschiedener Schwefelmetalle, z. B. des Zinnobers, Schwefelkieses u. s. w.

§. 31.

4. Kieselfluorwasserstoffsäure ($SiFl_2, HFl$).

Bereitung. Man mengt innig $1^1/_4$ Thle. Glaspulver oder 1 Thl. gepulverten geglühten Feuerstein oder auch 1 Thl. Quarzsand, welcher durch Abschlämmen von allem Staub befreit und dann geglüht ist, mit 1 Thl. ganz trocknem Flussspathpulver, übergiesst das Gemenge in einer nicht tubulirten Retorte, welche man zweckmässig mit einem Lehmbeschlag versieht, mit 9 Thln. englischer Schwefelsäure und mischt durch Umschwenken sorgfältig. Da die Mischung beim Erwärmen sich aufbläht, darf sie die Retorte anfangs nur zu $^1/_3$ erfüllen. Der Hals der Retorte ist luftdicht mit einer kleinen tubulirten Vorlage verbunden und deren Tubulus mittelst eines kleinen Kautschukschlauches mit einer weiten, zweimal rechtwinklig gebogenen Glasröhre. Am abwärts gehenden Schenkel befestigt man mit Hülfe eines kurzen Kautschukschlauches einen Trichter und senkt diesen in ein 4 Thle. Wasser enthaltendes Becherglas. Die Entwickelung des Kieselfluorgases nimmt schon in der Kälte ihren Anfang, man befördert sie durch mässige Erwärmung des Kolbens mittelst glühender Kohlen. Zuletzt steigert man die Hitze ziemlich stark. Jede Gasblase bewirkt im Wasser einen Niederschlag von Kieselsäurehydrat, während sich gleichzeitig Kieselfluorwasserstoffsäure bildet, $3SiFl_2 + 2HO = 2\,(SiFl_2, HFl) + SiO_2$. Durch das ausgeschiedene Kieselsäurehydrat wird die Flüssigkeit gallertartig, weshalb man eben die Röhre nicht geradezu in das Wasser eintauchen lassen darf, denn sie würde sich sonst bald verstopfen. Es bilden sich zuweilen, besonders gegen Ende der Operation, in der Kieselsäure-Gallerte förmliche Canäle, durch welche das Gas unzersetzt entweicht. Man verhindere dies durch Umrühren. Wenn die Gasentwickelung aufgehört hat, gibt man den gelatinösen Brei auf ein leinenes Tuch, drückt die Flüssigkeit durch, filtrirt sie alsdann und hebt sie zum Gebrauche auf. Die Kieselfluorwasserstoffsäure darf in der Lösung eines Strontiansalzes keinen Niederschlag (schwefelsauren Strontian) hervorbringen.

Anwendung. Die Kieselfluorwasserstoffsäure setzt sich mit Basen um, es bildet sich Wasser und es entstehen Kieselfluormetalle. Von diesen sind manche unlöslich, andere löslich; letztere können also durch dieses Reagens von ersteren unterschieden werden. Im Gange der Analyse findet es nur zur Erkennung und Abscheidung des Baryts Anwendung.

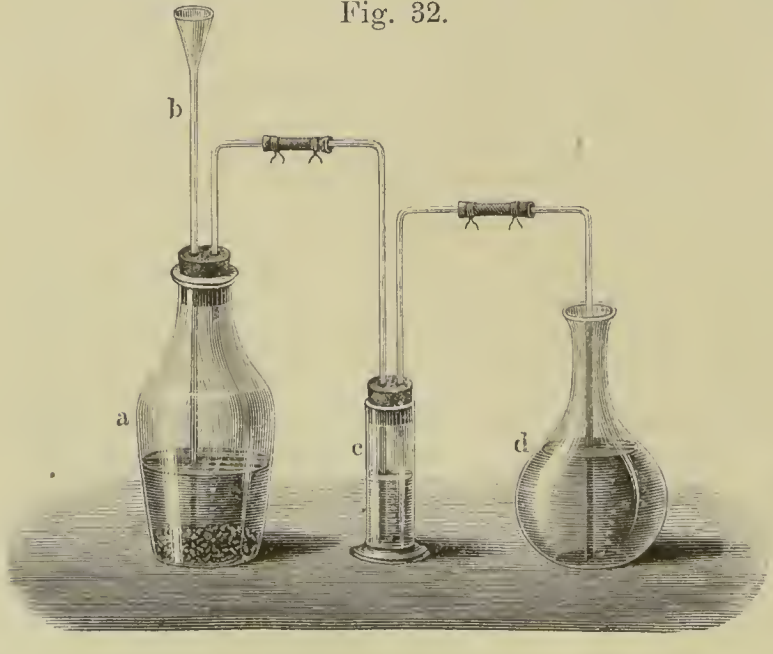
c. Sulfosäuren.

§. 32.

1. Schwefelwasserstoff (HS).

Bereitung. Man entwickelt den Schwefelwasserstoff am besten aus Schwefeleisen, welches man in kleine Stücke zerschlägt und mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure übergiesst. Das Schwefeleisen wird gegenwärtig in geschmolzenem Zustande so billig in den Handel gebracht, dass man es am besten käuflich bezieht. — Will man es selbst bereiten, so erhitzt man Eisendrehspäne, oder 1 bis $1^1/_2$ Zoll lange Nägel in einem bedeckten hessischen Tiegel zum Weissglühen und trägt dann Stücke Stangenschwefel nach und nach ein, bis der Inhalt des Tiegels vollständig in Fluss kommt. Man giesst denselben alsbald auf Sand oder in einen alten hessischen Tiegel aus. — Bohrt man in den Boden des zum Schmelzen dienenden Tiegels ein Loch, so fliesst das Schwefeleisen in dem Maasse, als es sich bildet, durch dieses ab und kann in einer in das Aschenloch geschobenen Kohlenschaufel aufgefangen werden. — Ein auch ganz brauchbares Schwefeleisen wird erhalten, wenn man in einen rothglühenden Schmelztiegel portionenweise ein inniges Gemenge von 30 Thln. Eisenfeile und 21 Thln. Schwefelblumen mit der Vorsicht einträgt, dass immer das die stattfindende Vereinigung bezeichnende Erglühen der eingetragenen Menge abgewartet wird, bevor man neue Portionen zusetzt. Nachdem Alles eingetragen ist, setzt man den Tiegel wohl bedeckt stärkerer Hitze aus, so dass das Schwefeleisen mehr oder weniger schmilzt. Zur Entwickelung des Gases kann folgender Apparat (Fig. 32) dienen:

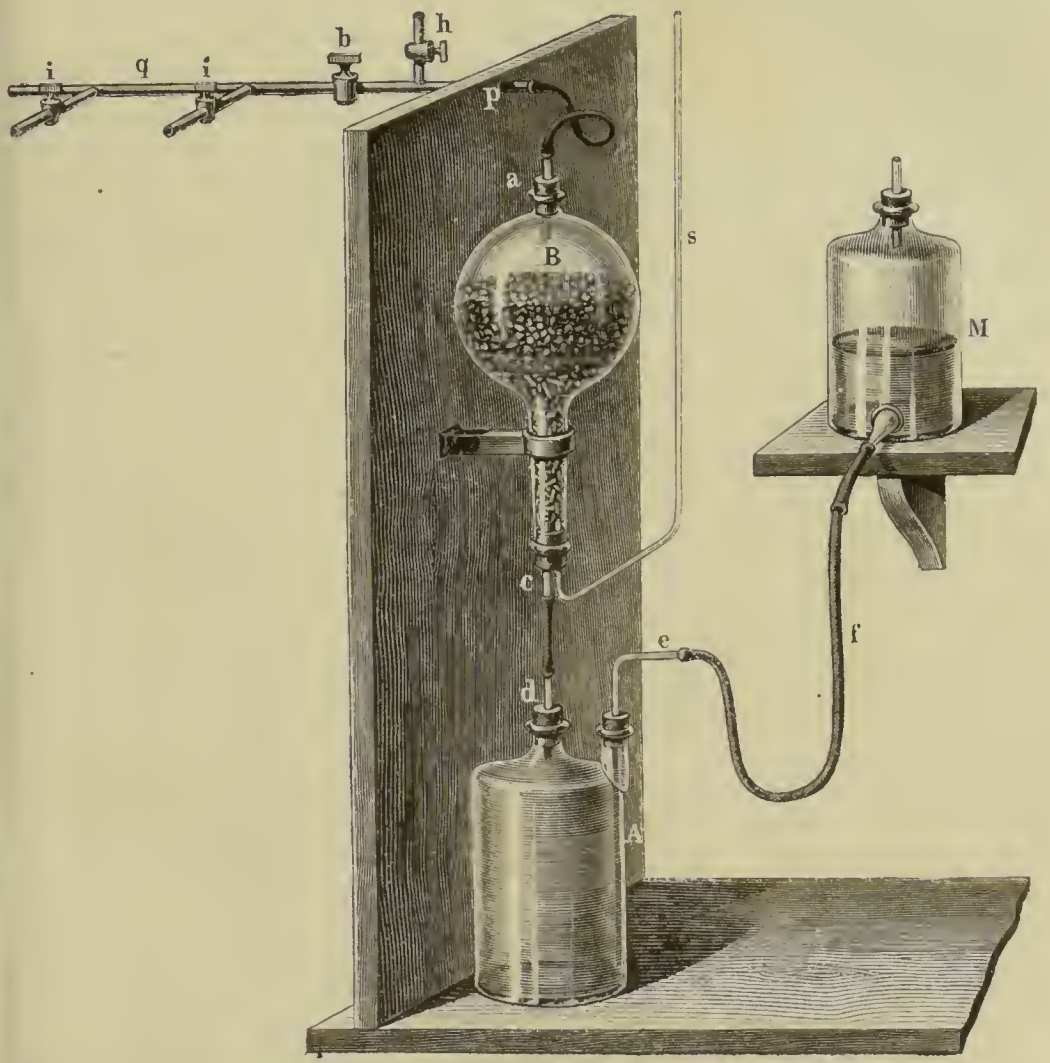
Fig. 32.



In der Flasche *a* übergiesst man das Schwefeleisen mit Wasser, setzt dann englische Schwefelsäure zu und schüttelt um. Das sich entwickelnde Gas wird in *c* gewaschen. — Nach dem Gebrauch giesst man die Eisenlösung vom unzersetzten Schwefeleisen ab, spült die Flasche wiederholt mit Wasser aus, füllt sie mit Wasser voll und hebt sie so auf. Versäumt man dies, so incrustirt sich der Apparat bald mit herauskrystallisirendem Eisenvitriol, wodurch eine gehörige Entwickelung gehemmt wird.

Für grössere Laboratorien oder für diejenigen Chemiker, welche oft und viel mit Schwefelwasserstoff zu operiren haben, empfehle ich — wenn nicht ein Gasometer vorgezogen wird — den von Brugnatelli construirten Apparat mit den Modificationen, wie ihn Fig. 33 darstellt. — Der Kolben *B*, der bei *a* mit einem Tubulus versehen ist*), enthält in seinem

Fig. 33.



Halse grobe Glassplitter, in seinem Bauche Schwefeleisen in kleinen Stücken. Der den Hals schliessende Gummistopfen trägt einerseits die Röhre *s* (welche unter Umständen auch wegbleiben kann, siehe unten), andererseits die wenigstens ein Centimeter im Lichten haltende kurze Röhre *c*, welche mittelst eines kleinen Kautschukrohres mit dem zur Flasche *A* führenden gleichweiten Rohre *d* verbunden ist. Die Röhre *c* reicht fast auf den Boden von *A* und steht auf der anderen Seite durch

*) Kolben mit seitlich angebrachtem Tubulus, wie man sie gewöhnlich als Vorlagen benutzt und wie solche in Brugnatelli's Originalzeichnung abgebildet sind (Zeitschrift für analyt. Chem 6. 390), sind auch anwendbar, aber weniger zweckmässig.

den Kautschukschlauch *f* mit der Flasche *M* in Verbindung, welche durch einen Stopfen verschlossen ist, der eine oben und unten offene kurze Glasröhre trägt. Der Stopfen im Tubulus *a* des Kolbens *B* trägt ein Glasrohr, welches durch einen Kautschukschlauch mit der die Messinghahnen *h*, *b*, *i i* tragenden, das Gas an seinen Bestimmungsort leitenden Bleiröhre verbunden ist.

Soll der Apparat in Gang gesetzt werden, so füllt man, während der Hahn *h* geöffnet wird, in *M* eine Mischung von 1 Vol. roher Salzsäure und 2 Vol. Wasser. Die Flüssigkeit gelangt nach *A*, füllt die Flasche und steigt durch *d* und *c* in den Kolben *B*. Sobald sie den Hals fast erfüllt hat, schliesst man den Hahn *h* und sorgt, dass *M* nur etwa halb angefüllt wird. Oeffnet man nun den Hahn *b* und einen der Hähne *i*, so steigt die Säure bis zu dem Schwefeleisen in *B*, die Schwefelwasserstoffentwickelung beginnt und geht mit grosser Gleichmässigkeit weiter, weil die weiten Röhren *c* und *d* ein Herabsinken der entstandenen schweren Eisenchlorürlösung und ein Aufsteigen neuer Säure zum Schwefeleisen unausgesetzt gestatten. Will man die Berührung der Säure mit dem Schwefeleisen steigern, so schiebt man ein Brettchen oder mehrere unter *M* und erhöhet dadurch den Druck der Flüssigkeit. Man kann den Gasstrom auch lediglich auf diese Weise — durch Erhöhen oder Erniedrigen der Flasche *M* — reguliren, wie es Brugnatelli empfiehlt, doch wird, wenn man den Apparat benutzen will, um Gas gleichzeitig in verschiedene Flüssigkeiten einzuleiten, wie dies in grösseren Laboratorien der Fall ist, die Anwendung von Hahnen nothwendig. — Soll der Apparat längere Zeit nicht gebraücht werden, so stellt man die Flasche *M* niedriger. Die Flüssigkeit sinkt alsdann in *B* und kommt ausser Berührung mit dem Schwefeleisen, so dass die Gasentwickelung aufhört. Entwickelt sich bei dieser Gelegenheit in *B* nicht rasch genug Schwefelwasserstoff, um den zuvor von der Flüssigkeit eingenommenen Raum zu erfüllen, so dringt Luft durch die Röhre *s* ein. Man gibt dieser — wenn man sie überhaupt anbringt, siehe unten — zweckmässig eine ziemlich beträchtliche Länge, auf dass aus ihr auch dann Flüssigkeit nicht austreten kann, wenn das Schwefelwasserstoffgas den Druck einer höheren Wassersäule zu überwinden hat. Entwickelt das mit Säure befeuchtete Schwefeleisen nach dem Abfliessen der Säure noch etwas Schwefelwasserstoffgas, so hat dies nur die Folge, dass etwas mehr Säure aus *A* nach *M* fliesst. — Die Röhre *s* kann man bei Anwendung von Hahnen weglassen. In dem Falle sinkt die Flüssigkeit in *B* beim Tieferstellen von *M* langsamer, weil der Raum der herabsinkenden Säure alsdann lediglich durch Schwefelwasserstoff eingenommen wird; bei Abwesenheit eines Hahnes aber ist die Röhre *s* nothwendig, um dem vorzubeugen dass beim Niedrigerstellen von *M* die Flüssigkeit, in welche man Schwefelwasserstoff eingeleitet hat, nicht angesogen wird und zurücksteigt. Bei Anwendung von Hahnen beugt man natürlicherweise diesem Uebelstande dadurch leicht vor, dass man *b* schliesst, bevor man *M* herabstellt. Das aus *ii* austretende Gas

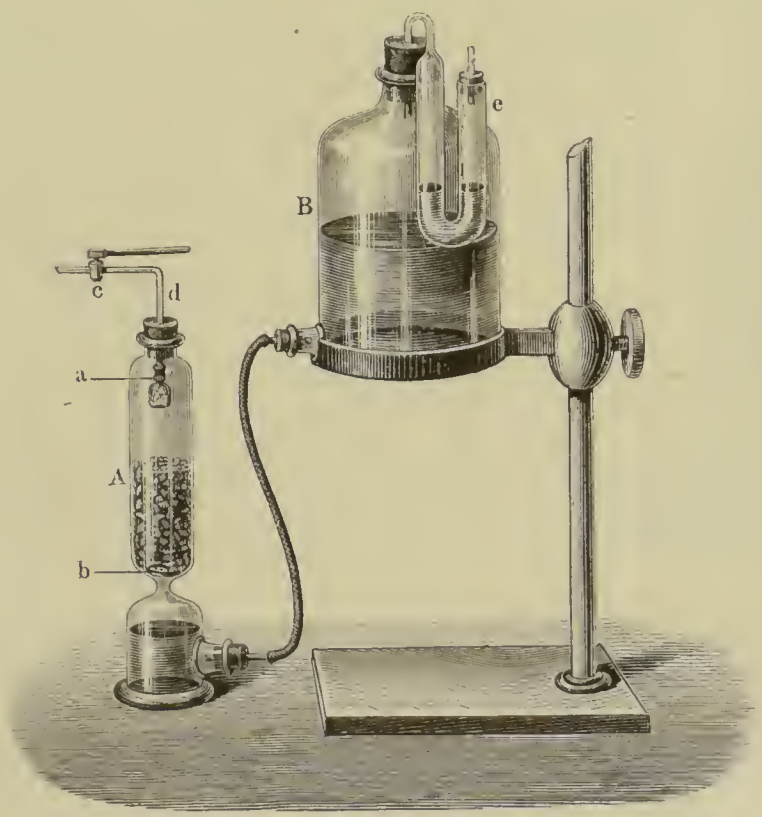
leitet man erst durch Waschflaschen oder im Winter durch U-förmige, mit Baumwolle gefüllte Röhren.

Ist die Säure endlich erschöpft, so stellt man *M* tiefer als *A*, während man — wenn die Röhre *s* durch den Lufthahn *h* ersetzt ist — diesen letzteren öffnet. Alle Flüssigkeit gelangt alsdann nach *M* und kann ausgegossen werden.

Ich bin mit den Leistungen dieses Apparates zo zufrieden, dass ich den grossen Bleiapparat, dessen ich mich so viele Jahre hindurch bedient hatte (vergleiche die früheren Auflagen), verlassen und durch den modificirten Brugnatelli'schen ersetzt habe.

Auf demselben Principe wie der eben beschriebene Apparat beruht der folgende von Fr. Mohr construirte, welcher sich namentlich für Entwickelungen in kleinerem Maassstabe eignet (Fig. 34).

Fig. 34.



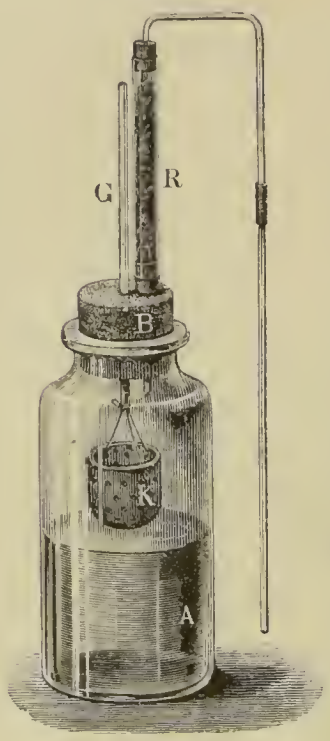
A ist ein in allen Apparatenhandlungen vorräthiger Apparat, wie man ihn zum Trocknen grösserer Gasmengen mit Chlorcalcium verwendet, bei *b* liegt eine durchlöcherte Bleiplatte, darüber das Schwefeleisen in Stückchen. Das Ende der Röhre *d* trägt bei *a* ein mittelst eines Stückchens Kautschukschlauch angefügtes weiteres Glasröhrchen, welches — mit Baumwolle gefüllt — das Uebers pritzen von Theilchen der Eisenchlorürlösung verhindert. *c* ist ein Glashahn mit langem Holzhebel (der aber auch durch einen Quetschhahn ersetzt werden kann), *e* enthält eine Lösung von kohlensaurem Natron, um Abdunsten von Schwefelwasserstoff

aus der Eisenchlorürlösung zu verhindern und derselben Schutz gegen Lufteinwirkung zu gewähren. Zur Entwickelung nimmt man auch hier eine Mischung von einem Raumtheil roher Salzsäure mit einem oder mit zwei Raumtheilen Wasser.

Von den vielen anderen Apparaten, welche zu gleichem Zwecke dienen, erwähne ich noch den von Pohl vorgeschlagenen, welcher einfach und bequem in der Handhabung ist. Fig. 35 stellt ihn dar.

Die verdünnte Schwefelsäure enthaltende Flasche *A* fasse 2 bis 2,5 Liter. In dem Kautschukpfropf *B* lässt sich der massive, oben matt geschliffene Glasstab *G* von mindestens 9^{mm} Durchmesser mit einiger Strenge verschieben. An seinem unteren Ende trägt er den durchlöcherten Korb *K* aus sogenanntem Hartkautschuk. Derselbe wird mit grober Leinwand ausgekleidet und mit Stücken von Schwefeleisen gefüllt. Schiebt man den Glasstab so weit herab, dass das Schwefeleisen eben eintaucht, so entsteht ein langsamer Schwefelwasserstoffstrom, der durch weiteres Herabschieben des Korbes gesteigert, durch Entfernung desselben aus der Flüssigkeit aber unterbrochen werden kann. Das die Ableitungsröhre des Gases unterbrechende weitere Rohr *R* ist mit Baumwolle gefüllt und vertritt die Stelle der Waschflasche.

Fig. 35.



Das Schwefelwasserstoffwasser bereitet man durch Einleiten des Gases in ausgekochtes, möglichst kaltes Wasser bis zur Sättigung, bis also alles Gas gänzlich unabsorbirt entweicht. Ob das Wasser völlig mit Gas gesättigt ist, erkennt man am leichtesten, wenn man die Flasche mit dem Daumen verschliesst und ein wenig schüttelt. Wird alsdann ein Druck nach aussen fühlbar, so ist die Operation zu Ende, wird hingegen der Daumen nach innen gezogen, so kann das Wasser noch mehr Gas aufnehmen. Das Schwefelwasserstoffwasser muss wohlverstopft aufbewahrt werden, sonst erleidet es bald vollständige Zersetzung, indem sich der Wasserstoff zu Wasser und ein kleiner Theil des Schwefels zu Schwefelsäure oxydirt, während sich der Rest des letzteren abscheidet. Sehr lange hält es sich, wenn man es gleich nach der Bereitung in kleinere Gläser füllt und diese gut verkorkt in mit Wasser gefüllte Töpfchen umstürzt. Es muss klar sein, in hohem Grade den Geruch des Gases haben und mit Eisenchlorid einen starken Niederschlag von Schwefel geben. Bei Zusatz von Ammon darf es nicht schwärzlich werden. In einem Platingefässe verdampft, darf es keinen Rückstand lassen.

Anwendung. Der Schwefelwasserstoff hat grosse Neigung sich mit Metalloxyden in Wasser und Schwefelmetalle umzusetzen. Da nun diese

grösstentheils in Wasser unlöslich sind, so ist eine solche Umsetzung meistens von einer Fällung der Metalle aus ihren Lösungen begleitet. Die Bedingungen, unter welchen diese Fällungen erfolgen, sind in der Art verschieden, dass wir durch Abänderungen derselben sämmtliche fällbaren Metalle wiederum in Gruppen scheiden können, wie dies unten auseinandergesetzt werden soll. Es ist daher der Schwefelwasserstoff zur Trennung der Metalle in Hauptgruppen ein ganz unschätzbares Mittel. Von den durch Schwefelwasserstoff erzeugten Niederschlägen, von den Schwefelmetallen also, haben einige so ausgezeichnete Farbe, dass sie leicht daran erkannt werden können. Durch seine leicht erfolgende Zersetzung wird der Schwefelwasserstoff auch zum Reductionsmittel für viele Körper; so werden Eisenoxydsalze dadurch in Oxydulsalze verwandelt, Chromsäure in Chromoxyd u s. w. Bei diesen Reductionen scheidet sich der Schwefel in Form eines feinen weissen Pulvers aus. — Ob man den Schwefelwasserstoff besser als Gas oder in wässeriger Lösung verwendet, lehrt die Betrachtung der Umstände im speciellen Falle.

III. Basen und Metalle.

§. 33.

Die Basen zerfallen zunächst in Sauerstoffbasen und in Sulfobasen. Erstere gehen aus der Vereinigung von Metallen oder ihnen ähnlichen zusammengesetzten Radicalen mit Sauerstoff, letztere aus der Verbindung derselben mit Schwefel hervor.

Die Sauerstoffbasen zerfallen in Alkalien, alkalische Erden, reine Erden und Oxyde der Schwermetalle. Die Alkalien sind in Wasser leicht, die alkalischen Erden schwerer und in ihrem letzten Gliede, der Bittererde, sehr wenig löslich. Die reinen Erden und die Oxyde der Schwermetalle sind (Thalliumoxydul ausgenommen) in Wasser nicht oder fast nicht löslich. Die Lösungen der Alkalien und alkalischen Erden sind bei genügender Concentration ätzend, sie schmecken laugenhaft, bräunen Curcumapapier, bläuen rothes Lackmuspapier, sättigen Säuren vollkommen, so dass die Salze derselben, auch wenn sie starke Säuren enthalten, Pflanzenfarben nicht verändern, während die mit schwachen Säuren in der Regel alkalisch reagiren. — Die reinen Erden und die Oxyde der Schwermetalle verbinden sich mit Säuren ebenfalls zu Salzen, vermögen aber in der Regel nicht die saure Reaction derselben völlig abzustumpfen.

Die Sulfobasen, welche aus der Vereinigung der Metalle der Alkalien und alkalischen Erden mit Schwefel hervorgehen, sind in Wasser löslich. Die Lösungen reagiren stark alkalisch. Die übrigen Sulfobasen lösen sich nicht in Wasser. Alle bilden mit Sulfosäuren Sulfosalze.

a. Sauerstoffbasen.

α. Alkalien.

§. 34.

1. Kali (KO) und Natron (NaO).

Die Darstellung vollkommen reinen Kalis oder Natrons ist eine mühsame Operation; deshalb ist es räthlich, nicht bloss vollkommen reines ätzendes Alkali, sondern auch nicht ganz reines und ferner solches zu bereiten, welches — von gewissen Verunreinigungen frei — in vielen Fällen völlig reines ersetzen kann.

a. Gewöhnliche Natronlauge. *Bereitung.* Man bringt in einen blanken, mit einem Deckel verschliessbaren Kessel von Gusseisen 3 Thle. käufliches krystallisirtes kohlensaures Natron und 15 Thle. Wasser, erhitzt zum Kochen und trägt — während man die Flüssigkeit fortwährend im Sieden erhält — portionenweise Kalkbrei ein, welcher durch Uebergiessen von 1 Thl. gebranntem Kalk mit 3 Thln. warmem Wasser und Hinstellen in einem bedeckten Gefässe, bis er zu einer gleichförmigen Masse zergangen ist, erhalten wurde. Nach dem Zusatz des Kalkes lässt man noch $^1/_4$ Stunde kochen, filtrirt eine Probe ab und prüft, ob das Filtrat, in Salzsäure gegossen, nicht mehr braust. Ist dies noch der Fall, so muss das Kochen fortgesetzt, auch nöthigenfalls noch Kalkbrei zugefügt werden. Wenn die Lauge völlig kohlensäurefrei ist, bedeckt man den Kessel, lässt etwas erkalten und zieht die geklärte Lösung mittelst eines mit Wasser gefüllten Hebers vom Niederschlage in einen Glasballon ab. Den Rückstand kocht man noch zweimal mit Wasser aus und zieht die Flüssigkeit auf gleiche Weise ab. — In dem wohl zu verschliessenden Ballon lässt man nun den Kalk sich völlig absetzen, giesst die klare Lösung in den rein gescheuerten Eisenkessel und verdampft sie bis auf 6 bis 7 Thle. — Man erhält so eine Lauge von 1,13 bis 1,15 specif. Gewicht und einem Gehalte von 9 bis 10 Proc. Natron. — Will man eine nicht ganz klare Lauge durch Filtriren klären, so verwendet man einen bedeckten Trichter, der unten gröbere Stückchen, darüber feineres Pulver weissen Marmors enthält, welches durch Abspülen von feinem Staub befreit ist (Gräger). — Die Natronlauge sei klar, farblos, möglichst frei von Kohlensäure und werde durch Schwefelammonium nicht geschwärzt. — Spuren von Kieselsäure, Thonerde und Phosphorsäure finden sich in solcher Lauge meist, weshalb sie eben zu genauen Versuchen nicht anwendbar ist. Die Natronlauge wird am besten in Flaschen aufbewahrt, welche mit übergreifendem Deckel nach Art der Spirituslampen verschlossen sind. In Ermangelung solcher bestreicht man den gut eingeriebenen Glasstopfen einer gewöhnlichen Flasche vor dem Eindrehen

in den ausgewischten Hals mit Paraffin. Versäumt man diese Vorsichtsmaassregel, so geht, wenn die Flasche selten gebraucht wird, der Stopfen bald nicht mehr aus dem Glase.

b. Mit Alkohol gereinigtes Kalihydrat. *Bereitung.* Man löst käufliches Aetzkali durch Digeriren und Schütteln in einem verschlossenen Glase in rectificirtem Weingeist auf, lässt klar absitzen und verdampft die decantirte und nöthigenfalls filtrirte Flüssigkeit in einer Silberschale über der Gas- oder Weingeistlampe, indem man — um Schwärzung zu verhüten — von Zeit zu Zeit etwas Wasser zusetzt, bis keine Dämpfe mehr entweichen. Man taucht jetzt die Silberschale aussen in kaltes Wasser, bis sie hinlänglich erkaltet ist, nimmt den Aetzkalikuchen heraus, zerstösst ihn in einem heissen Mörser in grobe Stücke und hebt diese in einem aufs Beste verschlossenen Glase auf. Zum Gebrauche löst man jedesmal ein Stückchen in Wasser.

Das so dargestellte Kalihydrat ist, bis auf eine ganz geringe Spur von Thonerde, rein und zu den meisten Zwecken anwendbar; Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure enthält es in der Regel nicht. Seine Lösung soll mit Schwefelammonium klar bleiben, mit Salzsäure angesäuert kaum merklich brausen. Letztere Lösung muss, zur Trockne abgedampft, einen in Wasser klar löslichen Rückstand liefern und darf mit Ammon nicht sogleich, sondern höchstens nach stundenlangem Stehen in der Wärme Flöckchen von Thonerde absetzen. Die mit Salpetersäure angesäuerte Lösung des Aetzkalis darf mit einer salpetersauren Lösung molybdänsauren Ammons keinen Niederschlag geben.

c. Mit Baryt bereitetes Kalihydrat. *Darstellung.* Man löst reine Barytkrystalle (§. 36) durch Erhitzen mit Wasser und setzt so lange reines schwefelsaures Kali zu, bis in einer abfiltrirten Probe, nach dem Ansäuern mit Salzsäure und Verdünnen, schwefelsaures Kali keinen Niederschlag mehr gibt. (Zu 16 Thln. Barytkrystalle sind 9 Thle. schwefelsaures Kali erforderlich.) Die trübe Flüssigkeit lässt man absitzen, decantirt die klare Lauge und verdampft sie in einer Silberschale (siehe b). — Das so bereitete Kalihydrat ist bis auf einen geringen Gehalt an schwefelsaurem Kali, welcher beim Auflösen in wenig Wasser zurückbleibt, völlig rein. — Nur in seltenen Fällen, d. h. nur dann, wenn es sich darum handelt, geringe Spuren von Thonerde nachzuweisen, bedarf man so dargestellten Kalihydrats.

Anwendung. Vermöge ihrer grossen Verwandtschaft zu Säuren zersetzen die fixen Alkalien die Salze der meisten Basen und schlagen daher aus ihren Lösungen alle diejenigen nieder, welche in Wasser unlöslich sind. Von diesen Oxyden werden manche vom Ueberschuss der Fällungsmittel gelöst, z. B. Thonerde, Chromoxyd, Bleioxyd; andere nicht, wie Eisenoxyd, Wismuthoxyd u. s. w. Die fixen Alkalien geben also auch ein Mittel an die Hand, die ersteren Oxyde von den letzteren zu trennen. — Kali und Natron lösen ferner viele Salze (z. B. chromsaures Bleioxyd), Schwefelverbindungen u. s. w. auf und tragen so sowohl

zur Trennung, als auch zur Unterscheidung derselben bei. — Viele der durch Kali oder Natron erzeugten Niederschläge zeigen eigenthümliche Farbe oder haben sonst charakteristische Eigenschaften, wie z. B. Manganoxydulhydrat, Eisenoxydulhydrat, Quecksilberoxydul, so dass man an diesen Niederschlägen die Metalle erkennen kann. Die fixen Alkalien treiben aus Ammonsalzen Ammoniak aus, so dass es an seinem Geruche, seiner Reaction auf Pflanzenfarben u. s. w. erkannt werden kann.

§. 35.

2. Ammon (NH_4O).

Bereitung. Will man die Ammonflüssigkeit in kleinerer Menge darstellen (die im Grossen mittelst gusseiserner Gefässe dargestellte kommt natürlicher Weise billiger zu stehen*), so bringe man 4 Thle. Salmiak (krystallisirten oder gröblich gepulverten sublimirten) und aus 5 Thln. Aetzkalk bereitetes trocknes Kalkhydrat in einen Glaskolben, mische durch Schütteln und füge vorsichtig noch so viel Wasser hinzu, dass das Pulver Klumpen bildet. Man setzt alsdann den Kolben in ein Sandbad und bringt ihn mit zwei in der Mitte durch eine ziemlich geräumige Waschflasche verbundenen Gasleitungsröhren in Verbindung. In die Waschflasche bringt man ganz wenig, in die zur Absorption bestimmte Flasche aber 10 Thle. Wasser. Letztere stellt man in ein Gefäss mit kaltem Wasser und beginnt alsdann zu erwärmen. Die Gasentwickelung erfolgt rasch. Man feuert bis keine Blasen mehr kommen und öffnet alsdann den Pfropf des Kolbens, damit die Flüssigkeit nicht zurücksteige. Die in der Waschflasche enthaltene Ammonflüssigkeit ist unrein, die in dem zweiten Glase enthaltene aber ist rein. Man verdünnt sie mit Wasser bis zum specifischen Gewichte von 0,96 = 10 Proc. Ammoniak und bewahrt sie in mit Glasstopfen verschlossenen Flaschen auf.

Prüfung. Die Ammonflüssigkeit muss farblos sein, darf beim Verdampfen in einem Platinschälchen nicht den geringsten Rückstand lassen, mit einem gleichen Volum Kalkwasser erhitzt keine oder wenigstens keine zu starke Trübung veranlassen (Kohlensäure) und nach dem Uebersättigen mit Salpetersäure weder durch Baryt- noch durch Silberlösung getrübt, noch auch durch Schwefelwasserstoff gefärbt werden.

Anwendung. Die Ammonflüssigkeit (der Salmiakgeist), obgleich durch Einleiten von Ammoniakgas (NH_3) in Wasser entstanden und beim Stehen an der Luft, rascher beim Erwärmen, Ammoniak entweichen lassend, kann auch als eine Auflösung von Ammoniumoxyd oder Ammon (NH_4O) in Wasser betrachtet werden, bei welcher Anschauungsweise angenommen wird, das zuerst hinzutretende Aequivalent Wasser (HO)

*) Eine bewährte und gute Vorschrift zur Darstellung in grösserem Maassstabe habe ich in der Zeitschrift für analyt. Chem. 1, 186 mitgetheilt.

bilde mit $NH_3 : NH_4O$. Es ist alsdann der Salmiakgeist ein Analogon der Kali- und Natronlauge, und die Erklärung aller seiner Einwirkungen wird sehr vereinfacht, weil man bekanntlich in den Sauerstoffsalzen, welche aus der Neutralisation der Sauerstoffsäuren durch Ammonflüssigkeit hervorgehen, ebenfalls Ammoniumoxyd (NH_4O), nicht Ammoniak, annimmt. Die Ammonflüssigkeit ist eins derjenigen Reagentien, welche mit am häufigsten in Gebrauch kommen. Sie dient besonders zum Sättigen saurer Flüssigkeiten, zur Fällung sehr vieler Metalloxyde und Erden sowie zur Trennung der fällbaren von einander, indem manche derselben von Ammonüberschuss gelöst werden, wie Zink-, Cadmium-, Silber-, Kupferoxyd etc., während andere in freiem Ammon nicht löslich sind. Sowohl die Niederschläge als die Ammon-Lösungen derselben sind zum Theil ausgezeichnet gefärbt und lassen die Metalle erkennen.

Viele Oxyde, welche aus neutralen Lösungen durch Ammon niedergeschlagen werden, erleiden dadurch aus sauren Lösungen keine Fällung, indem dieselbe durch das gebildete Ammonsalz verhindert wird (vergl. unten Chlorammonium §. 53).

β. Alkalische Erden.

§. 36.

1. Baryt (BaO).

Bereitung. Von den vielen Methoden, welche zur Bereitung des Barythydrates angewandt werden können, ziehe ich, seit man den Witherit leicht und billig beziehen kann, die folgende allen übrigen vor; sie liefert ein reines Product zu billigem Preise. Man menge innig 100 Thle. fein gepulverten Witherit, 10 Thle. Kohlenpulver und 5 Thle. Colophonium, fülle das Gemenge in einen irdenen Milchtopf, bedecke denselben, verstreiche die Fugen mit Lehm und lasse ihn in einem Ziegelofen einen Brand mitmachen. Die zerriebene Masse koche man in einem eisernen Topf wiederholt mit Wasser aus, filtrire in Kolben, verstopfe diese und lasse sie in der Kälte stehen, wobei reichliche Mengen von Barythydratkrystallen ($BaO, HO + 8$ aq.) anschiessen. Man lasse die Krystalle im wohl bedeckten Trichter abtropfen, trockne sie rasch zwischen Fliesspapier und hebe sie in gut schliessenden Gefässen auf. Zum Gebrauche löse man 1 Thl. in 20 Thln. Wasser unter Erhitzen und filtrire. Das so erhaltene Barytwasser ist der von den Krystallen abgelaufenen Mutterlauge in Betreff seiner Reinheit vorzuziehen. Den in Wasser unlöslichen Rückstand (unzersetzten Witherit und Kohle) verwendet man bei der Darstellung von Chlorbaryum.

Prüfung. Das Barytwasser soll, nach Ausfällung des Baryts mit reiner Schwefelsäure, ein Filtrat liefern, welches, mit Weingeist ver-

mischt, klar bleibt und, in einem Platintiegel verdampft, keinen feuerbeständigen Rückstand hinterlässt.

Anwendung. Der Baryt fällt, als starke Base, die in Wasser unlöslichen Metalloxyde und Erden aus ihren Salzlösungen. Wir bedienen uns desselben im Gang der Analyse nur zur Fällung der Magnesia. — Das Barytwasser kann ferner zur Fällung der Säuren, welche mit Baryt unlösliche Verbindungen bilden, angewandt werden; wir gebrauchen dasselbe in dieser Beziehung zur Entdeckung der Kohlensäure, zur Entfernung der Schwefelsäure, Phosphorsäure u. s. w.

§. 37.

2. Kalk (Ca O).

Man gebraucht

a. Kalkhydrat (Ca O, H O), b. Kalkwasser. — Ersteres wird erhalten, indem man reine Stücke gebrannten Kalkes in einer Porzellanschale mit etwa der Hälfte ihres Gewichtes Wasser übergiesst. Die Verbindung des Wassers mit dem Kalke zu Hydrat erfolgt unter Erhitzung, wobei der Ueberschuss des Wassers verdampft. Das feinpulverige Kalkhydrat ist in einem wohl verschlossenen Glase aufzubewahren. — Zur Darstellung des Kalkwassers schüttele und digerire man Kalkhydrat mit kaltem destillirtem Wasser einige Zeit, lasse absitzen und hebe die klar abgegossene Flüssigkeit in wohl verschlossener Flasche auf. Soll das Kalkwasser ganz frei von Alkali-Spuren, sowie von geringen Mengen Strontian und Spuren von Baryt sein, welche fast stets, beziehungsweise häufig in dem aus gebranntem Kalkstein bereiteten Kalkhydrat enthalten sind, so entferne man die drei oder vier ersten Abgüsse und benutze nur die folgenden. Das Kalkwasser muss Curcumapapier stark braun färben und mit kohlensaurem Natron einen nicht zu geringen Niederschlag geben. Zeigt es diese Eigenschaften nicht mehr, was bald geschieht, wenn es dem Zutritt der Luft ausgesetzt war, so ist es unbrauchbar.

Anwendung. Kalk bildet mit manchen Säuren unlösliche, mit anderen lösliche Salze. Kalkwasser kann daher zur Unterscheidung dieser Säuren dienen, indem es die ersteren fällt, mit den letzteren aber keine Niederschläge hervorbringt. Von den fällbaren Säuren werden manche nur unter gewissen Bedingungen, z. B. beim Kochen (Citronensäure), niedergeschlagen, daher man dieselben durch Abänderung dieser Bedingungen auf eine leichte Weise auch von einander unterscheiden kann. Wir bedienen uns des Kalkwassers insbesondere zur Entdeckung der Kohlensäure und zur Unterscheidung der Weinsteinsäure und Citronensäure. Das Kalkhydrat dient namentlich zum Austreiben des Ammoniaks aus den Ammonsalzen.

γ. Schwere Metalle und Oxyde derselben.

§. 38.

1. Zink (Zn).

Man wähle ein gutes Zink, welches vor Allem kein Arsen enthalten darf, auf welche Verunreinigung es nach der im dritten Abschnitt §. 132, 10 angegebenen Methode geprüft werden muss, schmelze es und giesse es in einem dünnen Strahl in ein grosses Gefäss mit Wasser. — Arsenik enthaltendes Zink ist unbedingt zu verwerfen, denn durch keinen bekannten, irgend einfachen Reinigungsprocess lässt es sich von dem Arsen völlig befreien (Eliot und Storer *). — Das Zink dient zum Fällen einiger Metalle aus ihren Lösungen, wobei es dieselben einfach deplacirt ($CuO, SO_3 + Zn = ZnO, SO_3 + Cu$), ferner zur Entwickelung von Wasserstoffgas, beziehungsweise Arsen- und Antimon-Wasserstoffgas (vergl. §. 131, 10 und §. 132, 10). Zuweilen wird das Zink auch zur Entdeckung der schwefligen Säure und der phosphorigen Säure gebraucht. In dem Falle ist es zunächst zu prüfen, ob es frei von Schwefelzink, beziehungsweise Phosphorzink ist. Die Art der Anwendung und Prüfung siehe §. 139 und §. 148.

2. Eisen (Fe).

Das Eisen reducirt viele Metalle und schlägt sie aus ihren Lösungen regulinisch nieder. Wir gebrauchen es besonders zur Entdeckung des Kupfers, welches sich darauf mit seiner eigenthümlichen Farbe niederschlägt. Zu dieser Prüfung sind alle blanken Eisenflächen, als Messerklingen, Nadeln, Drahtstückchen u. s. w., geeignet.

3. Kupfer (Cu).

Wir wenden es bloss zur Reduction des Quecksilbers an, welches sich darauf als weisser, beim Reiben silberglänzend werdender Ueberzug niederschlägt. Jede abgeschliffene, mit feinem Sand gescheuerte Kupfermünze, überhaupt jede blanke Kupferfläche lässt sich zu diesem Versuche brauchen.

§. 39.

4. Wismuthoxydhydrat (BiO_3, HO).

Bereitung. Man löse durch Schmelzen mit Schwefelleber von Arsen befreites Wismuth in verdünnter Salpetersäure, verdünne die Lösung so weit, dass ein geringer bleibender Niederschlag erzeugt wird, filtrire, verdampfe zur Krystallisation, zerreibe die mit salpetersäurehaltigem Wasser abgewaschenen Krystalle mit Wasser, füge Ammon im Ueberschuss

*) Nach Gunning (Scheikundige Bijdragen, Deel I, Nr. 1 p. 113) soll die Reinigung durch wiederholtes Schmelzen des Zinks mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und Schwefel gelingen.

zu, lasse eine Zeit lang digeriren, filtrire, wasche aus und hebe den weissen Niederschlag getrocknet zum Gebrauche auf.

Prüfung. Das Wismuthoxydhydrat (statt dessen auch das basisch-salpetersaure Wismuthoxyd der Apotheken, sofern es vollkommen arsen- und antimonfrei ist, angewendet werden kann) muss, in verdünnter Salpetersäure gelöst und mit Schwefelwasserstoff gefällt, einen Niederschlag liefern, aus dem Ammon und Schwefelammonium nichts aufnehmen, so zwar, dass die abfiltrirte Flüssigkeit mit Salzsäure keine, beziehungsweise eine rein weisse Trübung von Schwefel gibt.

Anwendung. Das Wismuthoxyd setzt sich beim Kochen mit alkalischen Auflösungen von Schwefelmetallen mit diesen um, es bilden sich Metalloxyde und Schwefelwismuth. Es ist zu diesen Zerlegungen geeigneter als das zu gleichem Zwecke anwendbare Kupferoxyd, weil man beim Hinzubringen neuer Mengen alsbald erkennt, ob die Zersetzung schon beendigt ist oder nicht. Es hat ausserdem vor dem Kupferoxyd den Vortheil, dass es sich bei Gegenwart organischer Substanzen nicht wie dieses in der alkalischen Flüssigkeit löst und dass es auf reducirbare Sauerstoffverbindungen nicht reducirend wirkt. Es dient uns namentlich zum Ueberführen des arsenigen — und des Arsen-Sulfids in die entsprechenden Säuren, zu welchem Behufe Kupferoxyd nicht anwendbar ist, weil es, unter Reduction zu Oxydul, arsenige Säure alsobald in Arsensäure verwandelt.

b. Sulfobasen.

§. 40.

1. Schwefelammonium (NH_4S).

Man gebraucht

a. farbloses Einfach-Schwefelammonium,

b. gelbes Mehrfach-Schwefelammonium.

Bereitung. Man leitet durch 3 Thle. Ammonflüssigkeit Schwefelwasserstoffgas, bis dieses nicht mehr absorbirt wird, und fügt alsdann 2 Thle. derselben Ammonflüssigkeit hinzu. — Bei der Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Ammon entsteht zuerst NH_4S (NH_4O und $HS = NH_4S$ und HO), dann NH_4S, HS; fügt man jetzt wieder ebensoviel Salmiakgeist hinzu, als man gesättigt hatte, so setzt sich dessen Ammon mit dem Schwefelwasserstoff des Schwefelwasserstoff-Schwefelammoniums um und man erhält Einfach-Schwefelammonium:

$$(NH_4S, HS) + NH_4O = 2(NH_4S) + HO.$$

Die Vorschrift lässt nur $^2/_3$ des Ammons zusetzen, weil es besser ist, wenn das Präparat etwas Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium als freies Ammon enthält. — Statt des Einfach-Schwefelammoniums Schwefelwasserstoff-Schwefelammonium anzuwenden, wie es oft geschieht, ist unnöthig und vermehrt den Schwefelwasserstoffgeruch der Laboratorien bedeutend, indem das Präparat beim Zusammentreffen mit metallischen Sulfosäuren den Schwefelwasserstoff entweichen lässt.

Das Schwefelammonium ist in gut verschlossenen kleinen Fläschchen (kleinen Arzneigläsern) aufzubewahren. Es ist anfangs farblos und scheidet bei Zusatz von Säuren keinen Schwefel ab, bei Einwirkung der Luft aber färbt es sich gelb, indem Ammoniak, Wasser und Zweifach-Schwefelammonium entstehen:

$$2(NH_4S) + O = NH_4S_2 + NH_3 + HO.$$

Bei weitergehender Einwirkung des Sauerstoffs der Luft bildet sich zunächst noch höher geschwefeltes Schwefelammonium, später scheidet sich Schwefel ab, und es entsteht von Schwefelammonium freie Ammonflüssigkeit; aber gleichzeitig bildet sich auch unterschwefligsaures Ammon ($NH_4S_2 + 3O = NH_4O, S_2O_2$), welches neben dem Ammon in der Flüssigkeit gelöst bleibt.

Zu den Zwecken, zu welchen gelbes Schwefelammonium verwendet werden muss, kann man sich des durch mässige Lufteinwirkung gelb gewordenen bedienen; rasch erhält man gelbes Schwefelammonium durch Digestion von Einfach-Schwefelammonium mit etwas Schwefel. — Alles gelb gefärbte Schwefelammonium scheidet beim Vermischen mit Säuren Schwefel ab, wodurch die Flüssigkeit milchig getrübt erscheint.

Prüfung. Das Schwefelammonium muss den ihm eigenthümlichen Geruch in hohem Grade zeigen, mit Säuren reichlich Schwefelwasserstoff entwickeln und dabei je nach seiner Beschaffenheit keinen oder einen rein weissen Niederschlag geben. In einem Platingefässe verdampft und geglüht darf es keinen Rückstand lassen, Kalk- und Magnesiasalzlösung darf es auch beim Erwärmen nicht trüben oder fällen (kohlensaures und freies Ammon).

Anwendung. Das Schwefelammonium ist eines der am häufigsten gebrauchten Reagentien. Es dient a. zur Fällung der Schwermetalle, welche aus saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff nicht niedergeschlagen werden, z. B. des Eisens, Kobalts u. s. w. ($NH_4S + FeO, SO_3 = FeS + NH_4O, SO_3$); b. zur Trennung der durch Schwefelwasserstoff aus saurer Lösung gefällten Schwefelmetalle, indem es einen Theil derselben, z. B. Schwefelarsen, Schwefelantimon u. s. w., zu Sulfosalzen (NH_4S, AsS_3 u. s. w.) auflöst, während ein anderer Theil, z. B. Schwefelblei, Schwefelcadmium u. s. w., ungelöst bleibt. Zu dieser Anwendung muss das Schwefelammonium dann einen Ueberschuss an Schwefel enthalten, wenn die zu lösenden Schwefelmetalle sich nur als höher geschwefelte lösen, z. B. Zinnsulfür (SnS), welches sich nur, indem es in Zinnsulfid (SnS_2) übergeht, leicht löst.

Aus den Lösungen der Thonerde- und Chromoxydsalze fällt das Schwefelammonium Oxydhydrate, während Schwefelwasserstoff entweicht, indem die diesen Oxyden entsprechenden Schwefelverbindungen sich auf nassem Wege nicht bilden können: [$Al_2O_3, 3SO_3 + 3NH_4S + 6HO = Al_2O_3, 3HO + 3(NH_4O, SO_3) + 3HS$]. — In Wasser unlösliche Salze, welche in Säuren gelöst sind, werden aus diesen Lösungen bei

Zusatz von Schwefelammonium unverändert gefällt, z. B. phosphorsaurer Kalk aus seiner Lösung in Salzsäure.

§. 41.

2. Schwefelnatrium (Na S).

Bereitung. Wie die des Schwefelammoniums; man nimmt statt der Ammonflüssigkeit Natronlauge. — Die erhaltene Flüssigkeit ist nöthigenfalls zu filtriren und in gut verschlossenen Gläsern aufzubewahren. — Soll sie Mehrfach-Schwefelnatrium enthalten, so digerirt man sie mit etwas gepulvertem Schwefel.

Anwendung. Das Schwefelnatrium wird zuweilen statt des Schwefelammoniums angewandt, wenn Schwefelkupfer von in alkalischen Schwefelmetallen löslichen Schwefelverbindungen, z. B. von Zinnsulfür, vollständig getrennt werden soll, da das Schwefelkupfer in Schwefelammonium nicht ganz unlöslich ist.

IV. Salze.

Von den vielen Salzen, welche als Reagentien in Anwendung kommen, werden die Kali-, Natron- und Ammonsalze vorzugsweise wegen ihrer Säuren gebraucht, man kann daher häufig Natronsalze statt der entsprechenden Kalisalze u. s. w. nehmen; so ist es fast stets gleichgültig, ob kohlensaures Natron oder kohlensaures Kali, Ferrocyankalium oder Ferrocyannatrium angewandt wird u. s. w. Ich ordne aus diesem Grunde die Salze der Alkalien nach ihren Säuren. Anders verhält sich dies bei den Salzen der alkalischen Erden und denen der Oxyde der Schwermetalle. Diese werden nicht wegen ihrer Säure angewandt, bei ihnen ist die Base entscheidend; man kann daher häufig statt des einen Salzes einer Base auch ein anderes ähnliches verwenden, so statt des Chlorbaryums den salpetersauren oder essigsauren Baryt u. s. w. Aus diesem Grunde sind die Salze der alkalischen Erden und Schwermetalle nach den Basen geordnet.

a. Salze der Alkalien.

§. 42.

1. Schwefelsaures Kali (KO, SO_3).

Bereitung. Man krystallisirt das käufliche Salz um und löst 1 Theil des reinen Salzes in 12 Thln. Wasser.

Anwendung. Das schwefelsaure Kali dient zur Erkennung und Abscheidung des Baryts und Strontians. Es ist der zu gleichem Behufe dienenden verdünnten Schwefelsäure häufig vorzuziehen, weil dadurch die Neutralität der Lösungen nicht gestört wird.

§. 43.

2. Phosphorsaures Natron ($2\,NaO, HO, PO_5 + 24$ aq.).

Bereitung. Man reinigt das käufliche Salz durch Umkrystallisiren. 1 Theil des Salzes wird zum Gebrauche in 10 Thln. Wasser gelöst. Beim Erwärmen der Lösung mit Ammon darf keine Trübung entstehen. Die Niederschläge, welche in der Lösung durch Baryt- und Silberlösung bewirkt werden, müssen bei Zusatz von verdünnter Salpetersäure vollkommen und ohne Aufbrausen verschwinden.

Anwendung. Das phosphorsaure Natron fällt die alkalischen Erden und alle Oxyde der Schwermetalle durch doppelte Affinität. Es dient in dem Gang der Analyse — nach der Abscheidung der Oxyde der Schwermetalle — zur Prüfung auf alkalische Erden im Allgemeinen, und — nach der Abscheidung des Baryts, Strontians und Kalkes — bei gleichzeitigem Zusatz von Ammon, zur Erkennung der Magnesia, welche unter diesen Umständen als basisch phosphorsaure Ammon-Magnesia niedergeschlagen wird.

§. 44.

3. Oxalsaures Ammon ($2\,NH_4O, C_4O_6 + 2$ aq.).

Bereitung. Man löst 1 Thl. käufliche Oxalsäure (welche meist kalihaltig ist) in 6 Thln. Wasser in Siedhitze, lässt erkalten, giesst oder filtrirt die Lösung von den ausgeschiedenen, meist vierfach-kleesaures Kali enthaltenden Oxalsäurekrystallen ab, dampft weiter ein, lässt erkalten und gewinnt so eine zweite und dritte, von Kali ganz oder fast ganz freie Oxalsäure. Die Mutterlauge sammt der ersten Krystallisation verwendet man zweckmässig zur Darstellung oxalsauren Kalis oder Natrons, die reinen Oxalsäurekrystalle aber löst man in 2 Thln. destillirten Wassers unter Erwärmen auf, setzt wässeriges Ammon zu bis zu deutlich alkalischer Reaction und stellt in die Kälte. Die angeschossenen Krystalle lässt man abtropfen, die Mutterlauge liefert nach geeignetem Eindampfen eine weitere Krystallisation. Sämmtliche Krystalle reinigt man durch Umkrystallisiren. Zum Gebrauche löst man 1 Thl. in 24 Thln. Wasser.

Prüfung. Die Lösung des oxalsauren Ammons darf weder durch Schwefelwasserstoff noch durch Schwefelammonium getrübt oder gefällt werden. Das Salz muss, auf Platinblech geglüht, ohne Rückstand verdampfen.

Anwendung. Die Oxalsäure bildet mit Kalk, Strontian, Baryt, Bleioxyd und anderen Metalloxyden unlösliche oder sehr schwer lösliche Verbindungen; es erzeugt daher das oxalsaure Ammon in den wässerigen Auflösungen ihrer Salze Niederschläge der betreffenden oxalsauren Salze. Im Gang der Analyse dient das oxalsaure Ammon hauptsächlich zur Entdeckung und Abscheidung des Kalkes.

§. 45.

4. Essigsaures Natron ($NaO, C_4H_3O_3 + 6$ aq. oder $NaO, \overline{A} + 6$ aq.).

Bereitung. Man löst krystallisirtes kohlensaures Natron in wenig Wasser, neutralisirt die Lösung mit Essigsäure, so dass letztere eher etwas vorwaltet, verdampft zur Krystallisation und reinigt das erhaltene Salz durch Umkrystallisiren. Es muss farblos, frei von brenzlichen Stoffen und von unorganischen Säuren sein. Zum Gebrauche löse 1 Thl. des Salzes in 10 Thln. Wasser.

Anwendung. Kommt essigsaures Natron zu einer freien stärkeren Säure, so entsteht ein Natronsalz derselben, während Essigsäure frei wird. Im Gang der Analyse wird es namentlich gebraucht, um phosphorsaures Eisenoxyd, welches in Essigsäure unlöslich ist, aus salzsaurer Lösung zu fällen. Auch zur Abscheidung von Eisenoxyd und Thonerde, welche dadurch aus den Lösungen ihrer Salze in der Siedhitze gefällt werden, leistet es gute Dienste.

§. 46.

5. Kohlensaures Natron ($NaO, CO_2 + 10$ aq.).

Bereitung. Man zerreibe käufliches doppelt-kohlensaures Natron (welches gegenwärtig sehr billig im Handel ist), bringe es in einen mit etwas Baumwolle locker verstopften Trichter, ebene die Oberfläche, bedecke sie mit einer Scheibe schwer durchlassenden Papiers mit aufgebogenen Rändern, und wasche durch Aufgiessen von geringen Wassermengen so lange aus, bis das Filtrat, nach Ansäuern mit Salpetersäure, weder durch salpetersaures Silberoxyd noch Chlorbaryum getrübt wird. Nach dem Trocknen glühe man das Salz gelinde, um es in einfach-kohlensaures Natron überzuführen. Es geschieht dies am besten in einem Tiegel oder einer Schale von Silber oder Platin, doch kann es auch in einem völlig blanken gusseisernen Gefäss oder — im Kleinen — in einer echten Porzellanschale geschehen. — Auch durch mehrfach wiederholtes Umkrystallisiren käuflichen kohlensauren Natrons lässt sich reines kohlensaures Natron erhalten. — Zum Gebrauche löse 1 Thl. des wasserfreien Salzes oder 2,7 Thle. des krystallisirten in 5 Thln. Wasser auf.

Prüfung. Das kohlensaure Natron sei vollkommen weiss. Seine Lösung darf, nach Uebersättigung mit Salpetersäure, weder von Chlorbaryum, noch von salpetersaurem Silberoxyd getrübt werden, noch sich bei Zusatz von Schwefelcyankalium roth, oder beim Erwärmen mit molybdänsaurem Ammon und Salpetersäure gelb färben oder so gefärbten Niederschlag liefern, und muss, mit Salzsäure übersättigt und zur Trockne verdampft, beim Wiederlösen in Wasser keinen Rückstand (Kieselsäure) lassen. Mit Cyankalium im Kohlensäurestrom andauernd in einer Glasröhre geschmolzen, darf es keine Spur eines dunklen Sublimates (Arsen) geben, vergl. §. 132. 12.

Anwendung. Das kohlensaure Natron fällt alle Basen mit Ausnahme der Alkalien in Gestalt neutraler oder basischer kohlensaurer Salze. Aus sauren Auflösungen werden diejenigen Basen, welche als doppeltkohlensaure Salze in Wasser löslich sind, erst beim Kochen vollständig gefällt. Manche von den durch kohlensaures Natron erzeugten Niederschlägen sind eigenthümlich gefärbt und können daher zur Erkennung der einzelnen Metalle dienen. Die Lösung des kohlensauren Natrons wird ferner zur Zerlegung vieler unlöslicher Salze mit alkalisch-erdiger oder metallischer Base, besonders derer der organischen Säuren angewendet. Diese Salze werden nämlich beim Kochen mit kohlensaurem Natron in unlösliche kohlensaure Verbindungen umgewandelt, während die Säuren an das Natron treten und in Lösung kommen. Das kohlensaure Natron dient ausserdem in vielen Fällen zur Sättigung freier Säuren.

§. 47.

6. Kohlensaures Ammon (NH_4O, CO_2).

Bereitung. Man nimmt gereinigtes, nicht nach Thieröl riechendes, anderthalb-kohlensaures Ammon, wie es im Grossen durch Sublimation aus Salmiak und kohlensaurem Kalk gewonnen wird, schabt die Rinden auf ihrer äusseren und inneren Seite sorgfältig ab und löst 1 Theil des Salzes durch Digestion mit 4 Thln. Wasser, welchem man 1 Thl. Aetzammonflüssigkeit zugesetzt hat.

Prüfung. Das kohlensaure Ammon muss sich vollständig verflüchtigen und darf, nach Uebersättigung mit Salpetersäure, weder durch Baryt-, noch Silberlösung, noch auch durch Schwefelwasserstoff gefärbt oder gefällt werden.

Anwendung. Das kohlensaure Ammon fällt wie das kohlensaure Natron die meisten Metalloxyde und Erden und wird jenem in der Regel vorgezogen, weil dadurch kein nichtflüchtiger Körper in die Lösung kommt. Die vollständige Fällung vieler Oxyde erfolgt ebenfalls erst beim Erhitzen. Von den gefällten Verbindungen lösen sich einige in einem Ueberschusse des Fällungsmittels wieder auf. In gleicher Weise

löst das kohlensaure Ammon manche Oxydhydrate und Schwefelmetalle und gestattet so eine Trennung derselben von anderen unlöslichen.

Wie das Aetzammon und aus demselben Grunde schlägt auch das kohlensaure Ammon viele Oxyde nicht aus sauren Auflösungen nieder, welche aus neutralen Lösungen davon gefällt werden (vergl. §. 53). — In dem Gange der Analyse dient das kohlensaure Ammon vorzüglich zur Abscheidung des Baryts, Strontians und Kalkes und zur Trennung derselben von der Magnesia, ferner zur Trennung des darin löslichen Schwefelarsens von dem darin unlöslichen Schwefelantimon.

§. 48.

7. Zweifach-schwefligsaures Natron ($NaO, HO, 2SO_2$).

Bereitung. Erhitze 5 Thle. zerschnittenes Kupferblech mit 20 Thln. englischer Schwefelsäure in einem Kolben, leite das sich entwickelnde schwefligsaure Gas erst durch eine etwas Wasser enthaltende Waschflasche, sodann in einen Kolben, welcher 4 Thle. gereinigtes doppelt-kohlensaures Natron (§. 46) oder 7 Thle. reines krystallisirtes einfach-kohlensaures Natron und 20 bis 30 Thle. Wasser enthält und nicht viel mehr als halb angefüllt ist, bis bei weiterem Einleiten keine Kohlensäureentwickelung mehr erfolgt. Die stark nach schwefliger Säure riechende Lösung bewahre in gut verschlossenem Glase.

Prüfung. Das schwefligsaure Natron, mit reiner Schwefelsäure zur Trockne verdampft, muss, unter reichlicher Entwickelung von schwefliger Säure, einen Rückstand liefern, dessen wässerige Lösung durch Schwefelwasserstoff nicht verändert und beim Erwärmen mit einer mit Salpetersäure versetzten Lösung von molybdänsaurem Ammon nicht gelb gefällt wird.

Anwendung. Die schweflige Säure hat ein grosses Bestreben durch Sauerstoffaufnahme in Schwefelsäure überzugehen. Sie ist daher eines unserer kräftigsten Reductionsmittel. Ebenso wirkt das haltbarere schwefligsaure Natron bei Säurezusatz. Wir bedienen uns desselben hauptsächlich zur Ueberführung der Arsensäure in arsenige Säure, der Chromsäure in Chromoxyd und des Eisenoxyds in Eisenoxydul. Ausserdem kann das saure schwefligsaure Natron zur Scheidung des darin löslichen Arsensulfürs von den darin unlöslichen Schwefelverbindungen des Antimons und Zinns dienen.

§. 49.

8. Salpetrigsaures Kali (KO, NO_3).

Bereitung. Man schmelzt in einer eisernen Pfanne 1 Thl. Salpeter, setzt dazu 2 Thle. Blei und rührt beständig mit einem eisernen Stabe

um. Schon in dunkler Glühhitze oxydirt sich das Blei grösstentheils und vertheilt sich zu einem gelben Pulver. Um auch den letzten Rest zu oxydiren, steigert man die Hitze bis zum sichtbaren Glühen und erhält darin eine halbe Stunde. — Die erkaltete Masse laugt man mit kaltem Wasser aus, filtrirt und leitet Kohlensäure in das Filtrat. Hierdurch wird fast alles in Lösung übergegangene Bleioxyd gefällt, den letzten Rest fällt man durch ein wenig Schwefelwasserstoffwasser. Nach dem Abfiltriren dampfe man, zuletzt unter Umrühren, zur Trockne ein und erhitze — um etwa gebildetes unterschwefligsaures Kali zu zerstören — zum Schmelzen (Aug. Stromeyer). 1 Theil löse in 2 Theilen Wasser auf, neutralisire die Flüssigkeit vorsichtig mit Essigsäure und filtrire, wenn nöthig.

Prüfung. Das salpetrigsaure Kali muss bei Zusatz von verdünnter Schwefelsäure Stickoxydgas in reichlicher Menge entwickeln.

Anwendung. Das salpetrigsaure Kali ist ein ausgezeichnetes Mittel zur Erkennung und Abscheidung des Kobalts, in dessen Lösungen es einen Niederschlag von salpetrigsaurem Kobaltoxyd-Kali bewirkt; es dient ferner bei Gegenwart von freier Säure zum Freimachen des Jods in seinen Verbindungen.

§. 50.

9. Zweifach-chromsaures Kali ($KO, 2\,CrO_3$).

Bereitung. Man krystallisirt das im Handel vorkommende Salz um und löst 1 Thl. in 10 Thln. Wasser.

Anwendung. Das chromsaure Kali zersetzt durch doppelte Affinität die meisten löslichen Metalloxydsalze. Die entstehenden Niederschläge der chromsauren Metalloxyde sind grösstentheils sehr schwer löslich und zeigen oft so eigenthümliche Färbungen, dass die Metalle leicht daran zu erkennen sind. Wir bedienen uns des chromsauren Kalis hauptsächlich zur Prüfung auf Blei.

§. 51.

10. Körniges antimonsaures Kali ($KO, SbO_5 + 7$ aq.).

Bereitung. Man trägt in kleinen Antheilen ein Gemenge aus gleichen Theilen gepulvertem Brechweinstein und Salpeter in einen glühenden Tiegel ein. Nachdem die Masse verbrannt ist, wird sie noch $^1/_4$ Stunde lang mässig geglüht, wobei sie anfangs etwas schäumt, zuletzt aber ruhig schmilzt. Man nimmt nun den Tiegel aus dem Feuer und zieht nach hinlänglichem Erkalten die Masse mit warmem Wasser aus. Sie lässt sich leicht herausspülen und setzt ein schweres weisses Pulver ab, von welchem die Flüssigkeit abgegossen wird. Man concentrirt sie durch Abdampfen. Nach 1 bis 2 Tagen setzt sich eine teigartige Masse daraus ab. Behan-

delt man diese mit ihrem dreifachen Volum kalten Wassers, unter Durcharbeiten mittelst eines Spatels, so verwandelt sie sich in ein feines körniges Pulver, welches mit dem erst erhaltenen vereinigt, mit siedendem Wasser gut — bis zum Aufhören der alkalischen Reaction — ausgewaschen und auf Fliesspapier getrocknet wird. 100 Thle. Brechweinstein liefern etwa 36 Thle. antimonsaures Kali (Brunner).

Prüfung und *Anwendung.* Das körnige antimonsaure Kali ist in Wasser ganz schwer löslich; es erfordert in der Siedhitze 90, in der Kälte 250 Thle. Die Auflösung wird am besten unmittelbar vor dem Gebrauche bereitet durch Kochen des Salzes mit Wasser und Abfiltriren des ungelöst gebliebenen Salzantheils. Diese Lösung muss klar und von neutraler Reaction sein; sie darf mit Chlorkalium- sowie mit Chlorammoniumlösung keine Niederschläge geben, mit Chlornatriumlösung aber muss sie einen krystallinischen Niederschlag liefern. Das antimonsaure Kali dient als ein sehr gutes Reagens auf Natron, erfordert aber grosse Vorsicht in der Anwendung, vergl. §. 90.

§. 52.

11. Molybdänsaures Ammon (NH_4O, MoO_3) in Salpetersäure gelöst.

Bereitung. Man reibt Molybdänglanz mit etwa seinem gleichen Volum groben, mit Salzsäure ausgewaschenen Quarzsandes zu mässig feinem Pulver und erhitzt dies, im Kleinen in einer flachen Platinschale, im Grossen in einer Muffel, unter öfterem Umrühren zum gelinden Glühen, bis das Gemenge eine citronengelbe (nach dem Erkalten weisse) Farbe angenommen hat. Den Rückstand zieht man mit wässerigem Ammon aus, verdampft das Filtrat, glüht den Rückstand schwach, bis die Masse gelb oder weiss geworden und digerirt diese dann mit Salpetersäure einige Tage im Wasserbade, um die fast immer im Erz enthaltene Phosphorsäure in den dreibasischen Zustand überzuführen. Nachdem die Salpetersäure verdampft, löst man den Rückstand in 4 Thln. wässerigem Ammon, filtrirt schnell und giesst die Lösung in 15 Gewichtstheile Salpetersäure von 1,20 specif. Gewicht. — Man lässt die Lösung an einem gelinde warmen Orte mehrere Tage stehen, auf dass etwa vorhandene Phosphorsäure sich als phosphorsaures Molybdänsäure-Ammon abscheidet, giesst die farblose Lösung von dem Niederschlage ab und bewahrt sie zum Gebrauche auf. Bis 40° C. erwärmt scheidet sich aus ihr kein weisser Niederschlag (Molybdänsäure oder saures molybdänsaures Salz) aus, aber bei höherer Temperatur geschieht dies sogleich, wenn man nicht mehr Salpetersäure zusetzt (Eggertz).

Anwendung. Die Phosphorsäure und die Arsensäure bilden mit Molybdänsäure und Ammon eigenthümliche gelbe Verbindungen, welche in der salpetersauren Lösung des molybdänsauren Ammons so gut wie unlöslich sind. Die phosphorsaure Verbindung entsteht schon in der Kälte,

die arsensaure erst beim Erhitzen. Es eignet sich daher das molybdänsaure Ammon sehr gut zur Auffindung jener Säuren, namentlich zur Entdeckung sehr kleiner Mengen von Phosphorsäure in sauren, Eisenoxyd, Thonerde und alkalische Erden enthaltenden Lösungen.

§. 53.

12. Chlorammonium oder Salmiak (NH_4Cl).

Bereitung. Man wähle käuflichen sublimirten weissen Salmiak. Enthält er Eisen, so muss er gereinigt werden. Man setzt zu dem Behufe der siedenden Auflösung etwas Ammonflüssigkeit zu, erhitzt, bis die Flüssigkeit kaum mehr alkalisch reagirt, lässt den entstehenden Niederschlag sich absetzen, filtrirt und bringt zur Krystallisation. Einen Theil des Salzes löst man zum Gebrauche in 8 Thln. Wasser.

Prüfung. Auf einem Platinblech verdampft, muss die Salmiaklösung einen Rückstand hinterlassen, der sich bei weiterem Erhitzen vollständig verflüchtigt. Schwefelammonium darf sie nicht verändern. Ihre Reaction sei neutral.

Anwendung. Der Salmiak findet in der Analyse eine sehr häufige Anwendung. Er dient hauptsächlich dazu, gewisse Oxyde, z. B. Manganoxydul, Magnesia, — oder Salze, z. B. weinsteinsauren Kalk, in Auflösung zu erhalten, wenn andere Oxyde oder Salze durch Ammon oder ein anderes Reagens niedergeschlagen werden. Diese Anwendung gründet sich auf die Neigung der Ammonsalze, mit anderen Salzen Doppelverbindungen zu bilden. Ferner dient der Salmiak zur Unterscheidung mancher im Uebrigen ähnlicher Niederschläge, z. B. der in Salmiak fast unlöslichen basisch phosphorsauren Ammon-Magnesia von anderen Magnesianiederschlägen. Endlich wendet man ihn an zur Fällung verschiedener in Kali löslicher, in Ammon unlöslicher Körper aus ihren kalischen Lösungen, z. B. der Thonerde, des Chromoxyds. Der Salmiak setzt sich nämlich mit dem Kali um, es bildet sich Chlorkalium, Wasser und Ammon. Der Salmiak findet ferner specielle Anwendung zur Fällung des Platins als Platinsalmiak.

§. 54.

13. Cyankalium (KCy).

Bereitung. Man erhitzt käufliches, von schwefelsaurem Kali völlig freies Blutlaugensalz unter Umrühren gelinde, bis sein Krystallwasser vollständig ausgetrieben ist, zerreibt es alsdann, mengt 8 Thle. des trocknen Pulvers mit 3 Thln. ganz trocknen kohlensauren Kalis, schmelzt das Gemenge in einem bedeckten hessischen, besser eisernen Tiegel, bis die

Masse schwache Rothglühhitze angenommen hat, klar geworden ist, und eine durch Eintauchen eines erwärmten Glasstabes oder Eisenstäbchens herausgenommene Probe vollkommen weiss erscheint. Alsdann nimmt man den Tiegel aus dem Feuer, stösst ihn sanft auf, lässt ihn etwas abkühlen, bis alle Gasentwickelung aufgehört hat, und giesst endlich das geschmolzene Cyankalium in ein erwärmtes, hohes, tiegelförmiges Gefäss von blankem Eisen oder Silber, oder auch in einen mässig heissen hessischen Tiegel aus und lässt an einem etwas warmen Orte langsam erkalten. Bei dem Ausgiessen hat man Sorge zu tragen, dass von dem am Boden des Tiegels befindlichen, in fein zertheilter Form ausgeschiedenen Eisen nichts mit ausfliesst. Das erhaltene Cyankalium ist zur Anwendung in der Analyse recht gut geeignet, obgleich es kohlensaures und cyansaures Kali enthält, welches letztere sich beim Auflösen in Wasser in kohlensaures Ammon und kohlensaures Kali verwandelt: $KO, C_2NO + 4HO = KO, CO_2 + NH_4O, CO_2$. Man hebt es in einem gut schliessenden Glase in fester Form auf und löst erst beim Gebrauche 1 Theil in etwa 4 Thln. Wasser ohne Erwärmen auf.

Prüfung. Das Cyankalium sei milchweiss, von Eisenkörnern und Kohletheilchen frei und in Wasser klar löslich. Es darf keine Kieselsäure und kein Schwefelkalium enthalten. Seine Lösung muss demnach durch Bleisalze rein weiss gefällt werden und, mit Salzsäure übersättigt*) und abgedampft, einen in Wasser klar löslichen Rückstand liefern.

Anwendung. Das nach der beschriebenen Art bereitete Cyankalium bewirkt in der Lösung der meisten Metalloxydsalze in Wasser unlösliche Niederschläge von Cyanmetallen, Oxyden oder kohlensauren Salzen. Von diesen sind die ersteren in Cyankalium löslich. Sie lassen sich demnach von den Oxyden u. s. w., die sich in Cyankalium nicht lösen, durch einen weiteren Zusatz des Reagens scheiden. Von den Cyanmetallen werden einige, auch bei Anwesenheit freier Blausäure und beim Kochen, stets als Cyankalium-Cyanmetalle gelöst, andere vereinigen sich mit Cyan zu neuen Radicalen und bleiben als solche mit Kalium verbunden in Lösung. Die gewöhnlichsten Verbindungen letzterer Art sind das Kobaltidcyankalium, das Ferro- und Ferridcyankalium. Sie unterscheiden sich von den Cyandoppelverbindungen der anderen Art besonders dadurch, dass verdünnte Säuren daraus die Cyanmetalle nicht abscheiden. Es lassen sich also durch Cyankalium auch die solche Verbindungen eingehenden Metalle von allen denjenigen unterscheiden, deren Cyanmetalle aus ihrer Lösung in Cyankalium von Säuren gefällt werden. In der Analyse findet dieses Reagens eine wichtige Anwendung zur Scheidung des Nickels von Kobalt, sowie des Kupfers, dessen Schwefelverbindung es löst, vom Cadmium, dessen Schwefelverbindung es nicht löst.

---

*) Wobei Blausäure entweicht.

§. 55.

14. Ferrocyankalium ($2\,K, C_6 N_3 Fe + 3$ aq. $= 2\,K, Cfy + 3$ aq.).

Bereitung. Das gelbe Blutlaugensalz kommt hinlänglich rein im Handel vor. Zum Gebrauche löst man 1 Thl. in 12 Thln. Wasser.

Anwendung. Das Ferrocyan bildet mit den meisten Metallen in Wasser unlösliche, oft sehr eigenthümlich gefärbte Verbindungen. Sie entstehen, wenn Ferrocyankalium mit löslichen Metalloxydsalzen, Chloriden u. s. w. zusammenkommt, indem das Kalium mit den Metallen die Stelle tauscht. Die charakteristischsten Färbungen zeigen das Ferrocyankupfer und das Eisenferrocyanid, daher das Ferrocyankalium besonders als Reagens auf Kupfer- und Eisenoxyd Anwendung findet.

§. 56.

15. Ferridcyankalium ($3\,K, C_{12} N_6 Fe_2 = 3\,K, Cfdy$).

Bereitung. Man leite in eine Auflösung von 1 Thl. gelbem Blutlaugensalz in 10 Thln. Wasser unter häufigem Umrühren Chlorgas und zwar genau so lange, bis die Farbe der Flüssigkeit bei durchfallendem Lichte (am besten Kerzenlichte) schön dunkelroth ist und eine Probe der Flüssigkeit, zu Eisenchloridlösung gesetzt, dieselbe nicht mehr blau fällt, sondern bräunlich färbt. Alsdann dampfe man die Flüssigkeit in einer Schale auf $^1/_4$ ihres Gewichtes ein und lasse krystallisiren. Die Mutterlauge liefert, eingedampft, noch eine zweite brauchbare Krystallisation. — Sämmtliche erhaltene Krystalle löse man in 3 Thln. Wasser, filtrire wenn nöthig, dampfe rasch auf die Hälfte ein und lasse aufs Neue krystallisiren. Von den erhaltenen prächtig rothen Krystallen löst man, am besten vor jedesmaligem Gebrauche, einige in etwas Wasser auf. Die Lösung darf, wie schon erwähnt, Eisenchloridlösung nicht blau färben oder fällen.

Anwendung. Das Ferridcyankalium zersetzt sich mit Metalloxydlösungen auf dieselbe Art, wie das Ferrocyankalium. Von den Ferridcyanmetallen ist das Eisenferridcyanür durch seine Farbe besonders charakterisirt, daher wir das Ferridcyankalium vorzugsweise als Reagens auf Eisenoxydul gebrauchen.

§. 57.

16. Rhodankalium oder Schwefelcyankalium

($K, C_2 N S_2$ oder $K, Cy S_2$).

Bereitung. Man bringt in ein verschliessbares eisernes Gefäss eine Mischung von 46 Thln. wasserfreiem gelbem Blutlaugensalz, 17 Thln.

kohlensaurem Kali und 32 Thln. Schwefel, erhitzt bei gelindem Feuer zum Schmelzen, erhält bei dieser Temperatur, bis die am Anfang sich stark aufblähende Masse ruhig und klar fliesst, und gibt zu Ende der Operation eine schwache Glühhitze, um das gebildete unterschwefligsaure Kali zu zerstören. Die halb erkaltete, noch weiche Masse nimmt man aus dem Schmelzgefäss, zerstösst sie und kocht sie wiederholt mit Weingeist von 80 bis 90 Proc. aus. Beim Erkalten schiesst das Rhodankalium in farblosen Krystallen an. Den Rest erhält man durch Abdestilliren des Weingeistes aus der Mutterlauge. Zum Gebrauche löst man 1 Thl. in 10 Thln. Wasser.

Prüfung und *Anwendung.* Das Schwefelcyankalium dient zur Entdeckung des Eisenoxyds, dessen Gegenwart es mit grösster Empfindlichkeit und Schärfe anzeigt, so dass es in dieser Hinsicht allen anderen Reagentien vorzuziehen ist. — Seine Lösung muss, mit verdünnter vollkommen reiner Salzsäure versetzt, farblos bleiben.

b. Salze der alkalischen Erden.

§. 58.

1. Chlorbaryum ($BaCl + 2$ aq.).

Bereitung. a. Aus Schwerspath. — Man zerreibe rohes Schwefelbaryum (durch längeres Glühen von 8 Thln. Schwerspathpulver, 2 Thln. Kohlenpulver und 1 Thl. Colophonium zu erhalten), bringe etwa $^9/_{10}$ davon mit der vierfachen Menge Wasser zum Kochen und versetze mit Salzsäure, bis kein Aufbrausen von Schwefelwasserstoff mehr entsteht und die Flüssigkeit schwach sauer reagirt. Alsdann füge man das letzte Zehntel des Schwefelbaryums hinzu, koche noch eine Weile, filtrire und bringe die alkalische Flüssigkeit zur Krystallisation. Die getrockneten Krystalle löse wieder in Wasser auf und bringe neuerdings zur Krystallisation.

b. Aus Witherit. — Man übergiesse 1 Thl. gepulverten Witherit mit 10 Thln. Wasser und füge allmählich rohe Salzsäure zu, bis der Witherit fast gelöst ist. Man trage jetzt noch etwas fein zerriebenen Witherit ein, erhitze unter öfterem Umrühren, bis die Flüssigkeit nicht mehr oder kaum mehr sauer reagirt, füge etwas Schwefelbaryumlösung zu, so lange dadurch noch ein Niederschlag entsteht, filtrire, verdampfe zur Krystallisation und reinige das erhaltene Salz durch Umkrystallisiren.

Zum Gebrauche löse man 1 Thl. Chlorbaryum in 10 Thln. Wasser.

Prüfung. Das Chlorbaryum darf Pflanzenfarben nicht verändern, seine Lösung darf weder durch Schwefelwasserstoff noch durch Schwefelammonium gefärbt oder gefällt werden. Reine Schwefelsäure muss daraus alles Feuerbeständige niederschlagen, so dass die abfiltrirte Flüssigkeit, auf Platinblech verdampft, nicht den geringsten Rückstand lässt.

Anwendung. Der Baryt bildet mit manchen Säuren lösliche, mit anderen unlösliche Verbindungen. Es können daher die ersteren Säuren, welche von Chlorbaryum nicht gefällt werden, von den letzteren, in deren Salzlösungen durch Chlorbaryum Niederschläge entstehen, unterschieden werden. Die gefällten Barytniederschläge zeigen zu Säuren ein verschiedenes Verhalten. Indem wir solche auf die Niederschläge einwirken lassen, können wir demnach die Gruppe der fällbaren Säuren wieder in Abtheilungen bringen, gewisse Säuren aber direct erkennen. Das Chlorbaryum ist durch seine Anwendbarkeit zur Unterscheidung der Säuregruppen, wie auch insbesondere zur Entdeckung der Schwefelsäure, eins unserer wichtigsten Reagentien.

§. 59.

2. Salpetersaurer Baryt (BaO, NO_5).

Bereitung. Man behandelt kohlensauren Baryt, sei es Witherit, sei es aus Schwefelbaryumlösung durch kohlensaures Natron gefällten, mit verdünnter chlorfreier Salpetersäure und verfährt im Uebrigen genau so wie bei der Bereitung des Chlorbaryums aus Witherit. Zum Gebrauche löse 1 Thl. in 15 Thln. Wasser.

Prüfung. Die Lösung des salpetersauren Baryts darf durch Silberlösung nicht getrübt werden, im Uebrigen ist die Prüfung wie bei Chlorbaryum vorzunehmen.

Anwendung. Man bedient sich des salpetersauren Baryts statt des Chlorbaryums, wenn man kein Chlormetall in die Flüssigkeit bringen will.

§. 60.

3. Kohlensaurer Baryt (BaO, CO_2).

Bereitung. Löse krystallisirtes Chlorbaryum in Wasser, erhitze zum Kochen und füge so lange eine Lösung von mit etwas kaustischem Ammon versetztem kohlensaurem Ammon (oder auch von reinem kohlensaurem Natron) zu, als noch ein Niederschlag entsteht, lasse absitzen, decantire 5- bis 6mal, bringe den Niederschlag auf ein Filter, wasche aus, bis das Waschwasser durch Silberlösung nicht mehr getrübt wird, reibe alsdann den Niederschlag mit Wasser zu einer dicklichen Milch an und hebe diese zum Gebrauche auf. Dass sie vor demselben aufgeschüttelt werden muss, bedarf nicht der Erwähnung.

Prüfung. Aus der verdünnten, nicht zu sauren salzsauren Lösung des kohlensauren Baryts muss durch reine Schwefelsäure alles Feuerbeständige gefällt werden (vergl. Aetzbaryt, §. 36).

Anwendung. Der kohlensaure Baryt zersetzt manche Metalloxydauflösungen, z. B. die des Eisenoxyds, der Thonerde, vollständig, so zwar,

dass sich alles Oxyd als Hydrat und basisches Salz niederschlägt, während andere Metallsalze durch denselben nicht gefällt werden. Er bietet daher ein Mittel, jene von diesen zu scheiden, und ist zur Trennung des Eisenoxyds und der Thonerde von Manganoxydul, Zinkoxyd, Kalk, Magnesia u. s. w. ein ausgezeichnetes Mittel. Man beachte nur, dass die Salze keine schwefelsauren sein dürfen, denn aus solchen werden auch die letzteren Basen durch kohlensauren Baryt gefällt.

§. 61.

4. Schwefelsaurer Kalk (CaO, SO_3, krystallisirt $CaO, SO_3 + 2\,aq.$).

Bereitung. Man digerire und schüttele gepulverten krystallisirten Gyps (Marienglas) längere Zeit mit Wasser, lasse absitzen und bewahre die klare Flüssigkeit zum Gebrauche auf.

Anwendung. Der schwefelsaure Kalk bietet — als ein schwer lösliches Salz — ein bequemes Mittel dar, wenn es sich darum handelt, eine in bestimmter Art verdünnte Lösung eines Kalksalzes oder eines schwefelsauren Salzes anzuwenden. Als verdünnte Kalksalzlösung wendet man ihn an zur Entdeckung der Oxalsäure, als verdünnte Lösung eines schwefelsauren Salzes aber bietet er ein sehr geeignetes Mittel zur Unterscheidung des Baryts, Strontians und Kalkes.

§. 62.

5. Chlorcalcium ($CaCl$, krystallisirt $CaCl + 6\,aq.$).

Bereitung. Man verdünne 1 Thl. rohe Salzsäure mit 6 Thln. Wasser, trage Marmor oder Kreide ein, bis ein Theil ungelöst bleibt, füge etwas Kalkhydrat und dann so lange Schwefelwasserstoffwasser zu, bis eine abfiltrirte Probe durch Schwefelammonium nicht mehr verändert wird. Man lasse bei Luftabschluss 12 Stunden in gelinder Wärme stehen, filtrire, neutralisire genau, concentrire durch Abdampfen, lasse krystallisiren. Die Krystalle lasse abtropfen und löse 1 Thl. derselben in 5 Thln. Wasser.

Prüfung. Die Chlorcalciumlösung muss neutral sein, darf von Schwefelammonium nicht gefärbt oder gefällt werden und mit Kali- oder Kalkhydrat vermischt kein Ammoniak entbinden.

Anwendung. Das Chlorcalcium wirkt ähnlich dem Chlorbaryum und findet auch eine analoge Anwendung. Wird nämlich dieses zur Gruppentheilung der unorganischen Säuren gebraucht, so dient jenes zur Gruppenunterscheidung bei den organischen Säuren, indem es einen Theil derselben nicht niederschlägt, einen anderen aber fällt. Wie bei den Barytniederschlägen, so geben auch bei den unlöslichen Kalksalzen die Bedin-

gungen, unter welchen sie niedergeschlagen werden, Mittel zu weiterer Unterscheidung der Säuren an die Hand.

§. 63.

6. Schwefelsaure Magnesia (MgO,SO_3, krystallisirt $MgO,SO_3,HO + 6$ aq.).

Bereitung. Man löse käufliches Bittersalz, welches — im Falle es nicht völlig rein sein sollte — umzukrystallisiren ist, in 10 Thln. Wasser auf.

Prüfung. Die schwefelsaure Magnesia muss neutral reagiren. Ihre mit einer genügenden Menge Chlorammonium versetzte Lösung darf durch reines, durch kohlensaures und durch oxalsaures Ammon, sowie durch Schwefelammonium im Laufe einer halben Stunde nicht getrübt oder gefärbt werden.

Anwendung. Die schwefelsaure Magnesia dient fast ausschliesslich zur Erkennung der Phosphorsäure und Arsensäure, da sie aus den wässerigen Lösungen ihrer Salze bei Gegenwart von Salmiak und Ammon fast unlösliche, in ihrem Verhalten sehr charakteristische Doppelsalze (basisch-phosphorsaure, beziehungsweise basisch-arsensaure Ammon-Magnesia) fällt. Die schwefelsaure Magnesia wird ausserdem zur Prüfung des Schwefelammoniums gebraucht (s. §. 40).

c. Salze der Oxyde der Schwermetalle.

§. 64.

1. Schwefelsaures Eisenoxydul (FeO,SO_3, krystallisirt $FeO,SO_3,HO + 6$ aq.).

Bereitung. Man erwärme eine überschüssige Menge rostfreier Nägel oder Eisendrahtes mit verdünnter Schwefelsäure, bis sich kein Wasserstoffgas mehr entwickelt, filtrire die hinlänglich eingeengte Lösung, setze ihr einige Tropfen verdünnter Schwefelsäure zu und lasse erkalten. Die erhaltenen Krystalle werden mit Wasser, welchem man sehr wenig Schwefelsäure zusetzt, abgewaschen, alsdann getrocknet und aufbewahrt. Sehr gut lässt sich das schwefelsaure Eisenoxydul auch aus der Lösung bereiten, welche man bei der Entwickelung des Schwefelwasserstoffs durch Behandlung von Schwefeleisen mit verdünnter Schwefelsäure erhält.

Prüfung. Das schwefelsaure Eisenoxydul muss schön blassgrüne Krystalle darstellen. Solche, welche durch Lufteinwirkung mehr oder weniger oxydirt sind und beim Behandeln mit Wasser unter Zurück-

lassung basisch schwefelsauren Eisenoxyds eine bräunlich gelbe Lösung liefern, sind zu verwerfen. — Die Lösung des Eisenvitriols darf, nach Zusatz von etwas Salzsäure, durch Schwefelwasserstoff nicht schwärzlich gefärbt oder gefällt werden.

Anwendung. Das schwefelsaure Eisenoxydul hat eine grosse Neigung in schwefelsaures Eisenoxyd überzugehen, also Sauerstoff aufzunehmen. Es wirkt daher als ein kräftiges Reductionsmittel. Wir bedienen uns desselben hauptsächlich zur Reduction der Salpetersäure, aus welcher es Stickstoffoxyd abscheidet, indem es ihr 3 Aeq. Sauerstoff entzieht. Da diese Zersetzung von dem Entstehen einer ganz eigenthümlichen, intensiv braunschwarz gefärbten Verbindung des Stickoxyds mit unzersetztem Eisenoxydulsalz begleitet wird, so ist die genannte Reaction zur Entdeckung der Salpetersäure eine besonders charakteristische und empfindliche. Das schwefelsaure Eisenoxydul dient ausserdem zur Entdeckung der Ferridcyanwasserstoffsäure, mit der es eine Art Berlinerblau erzeugt, und zur Ermittelung des Goldes, welches dadurch aus seinen Lösungen metallisch gefällt wird.

§. 65.

2. Eisenchlorid (Fe_2Cl_3).

Bereitung. Man erwärme in einem Kolben eine Mischung von 10 Thln. Wasser und 1 Thl. reiner Salzsäure mit kleinen eisernen Nägeln, bis sich auch bei Ueberschuss letzterer kein Wasserstoffgas mehr entwickelt, filtrire die Lösung in einen anderen Kolben, leite so lange unter öfterem Umschütteln Chlorgas ein, bis eine Probe von Ferridcyankaliumlösung nicht mehr blau gefällt wird, erwärme, bis der Ueberschuss des Chlors entwichen ist, verdünne bis zum 20fachen Gewichte des gelösten Eisens und hebe zum Gebrauche auf.

Prüfung. Die Eisenchloridlösung darf keine überschüssige Säure enthalten, eine verdünnte Probe derselben muss also, beim Umrühren mit einem in Salmiakgeist getauchten Stäbchen, einen beim Umschütteln nicht verschwindenden Niederschlag geben. Ferridcyankalium darf sie nicht blau färben.

Anwendung. Das Eisenchlorid dient zur weiteren Gruppentheilung der durch Chlorcalcium nicht fällbaren organischen Säuren, da es mit benzoësauren und bernsteinsauren Salzen Niederschläge erzeugt, essigsaure und ameisensaure Salze aber in der Kälte nicht fällt. Die neutralen Eisenoxydsalze dieser letzteren Säuren lösen sich mit intensiv rother Farbe in Wasser, es gibt daher das Eisenchlorid auch zu ihrer Erkennung ein brauchbares Mittel ab. — Ueber die Anwendung desselben zur Zerlegung phosphorsaurer alkalischer Erden, wozu es ausserordentlich geeignet ist, vergl. Phosphorsäure im Abschnitt III. Das Eisenchlorid dient endlich

zur Entdeckung der Ferrocyanwasserstoffsäure, mit der es Berlinerblau erzeugt.

§. 66.

3. Salpetersaures Silberoxyd (AgO, NO_5).

Das salpetersaure Silberoxyd findet sich sehr rein im Handel. Man löse 1 Theil des meist geschmolzen vorkommenden Salzes in 20 Theilen Wasser auf.

Prüfung. Aus der Auflösung des salpetersauren Silberoxyds, deren Reaction neutral sein soll, muss durch verdünnte Salzsäure alles Feuerbeständige gefällt werden, so dass die von dem Chlorsilber abfiltrirte Flüssigkeit, auf einem Uhrglase verdampft, keinen Rückstand lässt und von Schwefelwasserstoff nicht gefällt oder gefärbt wird.

Anwendung. Das Silberoxyd liefert mit manchen Säuren in Wasser lösliche, mit anderen unlösliche Verbindungen, daher das salpetersaure Silberoxyd, wie das Chlorbaryum, zur Gruppenbestimmung der Säuren gebraucht werden kann.

Von den unlöslichen Silberverbindungen sind die meisten in verdünnter Salpetersäure löslich, das Chlor-, Jod-, Brom-, Cyan-, Ferrocyan-, Ferridcyan- und Schwefelsilber aber werden davon nicht aufgenommen. Es ist daher das salpetersaure Silberoxyd ein treffliches Mittel, die den zuletzt genannten Silberverbindungen entsprechenden Wasserstoffsäuren von allen anderen Säuren zu unterscheiden und zu trennen. — Da viele von den in Wasser unlöslichen Silbersalzen eine eigenthümliche Farbe (chromsaures, arseniksaures Silberoxyd), oder ein besonderes Verhalten zu anderen Reagentien, oder beim Erhitzen (ameisensaures Silberoxyd) zeigen, so ist das salpetersaure Silberoxyd auch zur bestimmten Erkennung einzelner Säuren von grosser Wichtigkeit.

§. 67.

4. Essigsaures Bleioxyd ($PbO, \overline{A}$, krystallisirt $PbO, \overline{A} + 3$ aq.).

Die besseren Sorten des im Handel vorkommenden Bleizuckers sind genügend rein. Zum Gebrauche löse man 1 Thl. in 10 Thln. Wasser.

Prüfung. Der Bleizucker muss sich in Wasser, dem man einen oder zwei Tropfen Essigsäure zugesetzt hat, klar und zu einer farblosen Flüssigkeit lösen. Schwefelwasserstoff muss daraus alles Feuerbeständige fällen. Vermischt man die Lösung des Bleizuckers mit kohlensaurem Ammon im Ueberschuss und filtrirt, so darf die Lösung nicht bläulich erscheinen (Kupfer).

Anwendung. Das Bleioxyd bildet mit sehr vielen Säuren in Wasser unlösliche, zum Theil eigenthümlich gefärbte oder durch charakteristi-

sches Verhalten ausgezeichnete Verbindungen. Es bewirkt daher das essigsaure Bleioxyd in den Lösungen dieser Säuren oder ihrer Salze Niederschläge und trägt zur Charakterisirung und Ausmittelung mehrerer derselben wesentlich bei. So ist namentlich das chromsaure Bleioxyd durch seine gelbe Farbe, das phosphorsaure Bleioxyd durch sein eigenthümliches Verhalten vor dem Löthrohre, und das äpfelsaure Bleioxyd durch seine Leichtschmelzbarkeit ausgezeichnet.

§. 68.

5. Salpetersaures Quecksilberoxydul (Hg_2O, NO_5, krystallisirt Hg_2O, NO_5 + 2 aq.).

Bereitung. Man übergiesst in einer Porzellanschale 1 Thl. reines Quecksilber mit 1 Thl. reiner Salpetersäure von 1,2 specif. Gew., lässt 24 Stunden an einem kühlen Orte stehen, trennt die entstandenen Krystalle von dem ungelösten Quecksilber und der Mutterlauge und löst sie in Wasser, dem man $^1/_{16}$ Salpetersäure zugesetzt hat, durch Abreiben in einer Reibschale. Die filtrirte Lösung bewahre in einer Flasche auf, deren Boden mit Quecksilber bedeckt ist.

Prüfung. Die Auflösung des salpetersauren Quecksilberoxyduls muss mit verdünnter Salzsäure einen starken weissen Niederschlag von Quecksilberchlorür geben. Die davon abfiltrirte Flüssigkeit soll mit Schwefelwasserstoff keinen oder nur einen geringen schwarzen Niederschlag (Quecksilbersulfid) liefern.

Anwendung. Das salpetersaure Quecksilberoxydul wirkt dem entsprechenden Silbersalze analog. Es schlägt erstens viele Säuren nieder, insbesondere die Wasserstoffsäuren, und es dient zweitens zur Erkennung mehrerer leicht oxydirbarer Körper, z. B. der Ameisensäure, da die Oxydation derselben auf Kosten des Sauerstoffs des Quecksilberoxyduls von der sehr charakteristischen Ausscheidung metallischen Quecksilbers begleitet ist.

§. 69.

6. Quecksilberchlorid (HgCl).

Es kommt im Handel hinlänglich rein vor. Zum Gebrauche löse man 1 Thl. in 16 Thln. Wasser.

Anwendung. Das Quecksilberchlorid bringt mit verschiedenen Säuren, z. B. mit der Jodwasserstoffsäure, eigenthümlich gefärbte Niederschläge hervor, und kann somit zu ihrer Erkennung benutzt werden. — Wichtig ist seine Anwendung zur Entdeckung des Zinns, wenn solches als Chlorür in Lösung ist. Die kleinste Menge des letzteren veranlasst nämlich beim Zugiessen von überschüssigem Quecksilberchlorid eine Aus-

scheidung von in Wasser unlöslichem Quecksilberchlorür. In ähnlicher Weise dient das Quecksilberchlorid auch zur Entdeckung der Ameisensäure.

§. 70.

7. Schwefelsaures Kupferoxyd (CuO, SO_3, krystallisirt $CuO, SO_3, HO + 4$ aq.).

Bereitung. Sehr reinen Kupfervitriol erhält man aus dem in dem Kolben bleibenden Rückstande von der Bereitung des schwefligsauren Natrons (§. 48). Man übergiesst denselben mit Wasser, erhitzt, filtrirt, erhitzt nach Zusatz einer geringen Menge Salpetersäure einige Zeit zum Sieden, lässt krystallisiren und reinigt das Salz durch Umkrystallisiren. Zum Gebrauche löst man 1 Thl. in 10 Thln. Wasser.

Prüfung. Aus der Kupfervitriollösung soll durch Schwefelwasserstoff alles Fällbare niedergeschlagen werden, so zwar, dass das Filtrat bei Zusatz von Ammon und Schwefelammonium nicht verändert wird.

Anwendung. Das schwefelsaure Kupferoxyd findet in der qualitativen Analyse zur Fällung der Jodwasserstoffsäure als Kupferjodür Anwendung. Zu diesem Behufe muss die Lösung von 1 Thl. Kupfervitriol mit $2^1/_2$ Thln. schwefelsaurem Eisenoxydul versetzt werden, sonst scheidet sich die Hälfte des Jods in freiem Zustande aus. Das Eisenoxydul geht dabei in Oxyd über, indem es das Kupferoxyd zu Oxydul reducirt. — Der Kupfervitriol dient ausserdem zur Entdeckung der arsenigen und Arsensäure, sowie der löslichen Ferrocyanverbindungen.

§. 71.

8. Zinnchlorür ($SnCl$, krystallisirt $SnCl + 2$ aq.).

Bereitung. Man pulvere englisches Zinn durch Raspeln, oder indem man es in einer kleinen Porzellanschale schmelzt, alsdann vom Feuer nimmt und mit einem Pistill bis zum Erstarren reibt. Dieses Pulver koche man in einem Kolben längere Zeit mit concentrirter Salzsäure (wobei stets Sorge zu tragen, dass Zinn im Ueberschuss vorhanden ist), bis sich fast kein Wasserstoffgas mehr entwickelt, verdünne die Lösung mit der vierfachen Menge Wasser, dem etwas Salzsäure zugemischt ist, und filtrire. Die klare Lösung giesst man in ein Glas, in welchem sich kleine Stücke metallischen Zinns (oder ein Stanniolblatt) befinden, und bewahrt sie darin bei sorgfältigem Verschluss auf. Versäumt man diese Vorsichtsmaassregeln, so wird das Reagens bald unbrauchbar, indem das Chlorür unter Abscheidung weissen Oxychlorürs in Chlorid übergeht.

Prüfung. Das Zinnchlorür muss mit überschüssigem Quecksilberchlorid sogleich eine weisse Fällung von Quecksilberchlorür hervorbringen,

mit Schwefelwasserstoff einen dunkelbraunen Niederschlag geben und von Schwefelsäure nicht gefällt oder getrübt werden.

Anwendung. Die Neigung des Zinnchlorürs, Sauerstoff aufzunehmen, also Zinnoxyd oder vielmehr, da sich das gebildete Oxyd mit der vorhandenen freien Salzsäure im Entstehungsmoment umsetzt, Zinnchlorid zu bilden, macht es zu einem der kräftigsten Reductionsmittel. Namentlich ist es auch sehr geeignet, Chlorverbindungen ihr Chlor theilweise oder ganz zu entziehen. Wir bedienen uns desselben im Gange der Analyse zur Entdeckung des Goldes, und ferner zur Prüfung auf Quecksilber.

§. 72.

9. Platinchlorid ($PtCl_2$, krystallisirt $PtCl_2 + 10$ aq.).

Bereitung. Man übergiesse in einem enghalsigen Kolben durch Kochen mit Salpetersäure gereinigte Platinspäne mit concentrirter Salzsäure und etwas Salpetersäure, erwärme gelinde längere Zeit und setze je zuweilen wieder etwas Salpetersäure zu, bis alles Platin gelöst ist. Die Lösung verdampfe man unter Zusatz von Salzsäure im Wasserbade und löse den dickflüssigen Rückstand in 10 Thln. Wasser.

Prüfung. Das Platinchlorid muss, im Wasserbade verdampft, einen in Weingeist klar löslichen Rückstand liefern.

Anwendung. Das Platinchlorid bildet mit dem Chlorkalium und Chlorammonium, nicht aber mit dem Chlornatrium, sehr schwer lösliche Doppelsalze. Es dient daher zur Erkennung des Ammons und des Kalis und ist für das letztere fast unser bestes Reagens auf nassem Wege.

§. 73.

10. Natrium-Palladiumchlorür (NaCl, PdCl).

Man löse 5 Thle. Palladium in Königswasser (vergl. §. 72), setze 6 Thle. reines Chlornatrium zu, verdampfe im Wasserbade zur Trockne und löse 1 Thl. des zurückbleibenden Doppelsalzes in 12 Thln. Wasser auf. — Die bräunliche Lösung bietet ein treffliches Mittel zur Entdeckung und Abscheidung des Jods.

§. 74.

11. Goldchlorid ($AuCl_3$).

Bereitung. Man übergiesse in einem Kölbchen fein zerschnittenes Gold, welches sowohl mit Silber als mit Kupfer legirt sein darf, mit überschüssigem Königswasser und erwärme gelinde, bis sich nichts mehr löst; dann verdünne man die Lösung mit 10 Thln. Wasser. War das Gold mit Kupfer legirt, was man an dem braunrothen Niederschlag erkennt,

welchen Ferrocyankalium in einer mit Wasser verdünnten Probe der Lösung hervorbringt, so versetzt man die kupferhaltige Goldsolution mit Eisenvitriollösung im Ueberschuss. Das Gold wird reducirt und scheidet sich als feines braunschwarzes Pulver ab; man wäscht es in einem Kölbchen aus, löst es neuerdings in Königswasser, dampft die Lösung im Wasserbade ab und löst den Rückstand in 30 Thln. Wasser. War das Gold mit Silber legirt, so bleibt dieses bei der Behandlung mit Königswasser als Chlorsilber zurück. Man verdampft alsdann gleich die erste Lösung im Wasserbade und löst den Rückstand zum Gebrauche auf.

Anwendung. Das Goldchlorid hat eine grosse Neigung, sein Chlor abzugeben; es verwandelt daher leicht Chlorüre in Chloride, Oxydule unter Mitwirkung von Wasser in Oxyde. Diese Oxydationen geben sich gewöhnlich durch eine Ausscheidung regulinischen Goldes in Form eines braunschwarzen Pulvers zu erkennen. Im Gange der Analyse dient das Goldchlorid nur zur Erkennung des Zinnoxyduls, in dessen Lösungen es eine braunrothe oder purpurrothe Färbung oder Fällung erzeugt.

V. Farbstoffe und indifferente Pflanzensubstanzen.

§. 75.

1. Reagenspapiere:

α. Blaues Lackmuspapier.

Bereitung. Man digerirt einen Theil käuflichen Lackmus mit 6 Theilen Wasser, filtrirt, theilt die intensiv blaue Flüssigkeit in 2 Theile, sättigt in der einen Hälfte das freie Alkali, indem man wiederholt mit einem in sehr verdünnte Schwefelsäure getauchten Glasstabe umrührt, bis die Farbe eben roth erscheint, mischt die noch blaue Hälfte hinzu, giesst alles in eine Schale und zieht Streifen feinen, ungeleimten Papiers durch die Tinctur. Zum Trocknen hängt man die Streifen an Fäden auf. Das Lackmuspapier muss gleichmässig, weder zu hell noch zu dunkel gefärbt sein. Es muss von wässerigen Flüssigkeiten leicht benetzt werden.

Anwendung. Die im Lackmus enthaltenen rothen Farbstoffe erscheinen im käuflichen Lackmus, in dem Wasserauszuge desselben und dem damit gefärbten Papier nur durch die Anwesenheit alkalischer Basen blau. — Kommt eines der blauen Präparate mit freier Säure in Berührung, so verbindet diese sich mit den Basen und in Folge dessen tritt die eigentliche Farbe der Lackmusfarbstoffe, die rothe, hervor. Das Lackmuspapier

bietet daher ein treffliches Mittel zur Entdeckung freier Säuren. Schwache flüchtige Säuren vermögen die die blaue Farbe bedingenden Basen nur vorübergehend zu binden; bei ihrer Verflüchtigung tritt daher die blaue Farbe wieder hervor. Den Uebergang der blauen Farbe in Roth bewirken übrigens auch die löslichen neutralen Salze der meisten schweren Metalloxyde, was wohl zu beachten ist.

β. Geröthetes Lackmuspapier.

Bereitung. Man rührt blaue Lackmustinctur wiederholt mit einem in verdünnte Schwefelsäure getauchten Glasstäbchen um, bis ihre Farbe eben deutlich roth geworden. Mit dieser Tinctur tränkt man sodann Papierstreifen. Sie müssen nach dem Trocknen deutlich roth sein.

Anwendung. Reine Alkalien und alkalische Erden, ebenso die Schwefelverbindungen ihrer Metalle, kohlensaure Alkalien, wie auch die löslichen Salze einiger anderer schwacher Säuren, namentlich der Borsäure, bieten den rothen Lackmusfarbstoffen Basen dar und veranlassen so wieder die Bildung blauer Verbindungen, wie solche im blauen Lackmus enthalten waren; die Lösungen jener bläuen daher das geröthete Lackmuspapier, und es dient dieses somit zur Erkennung der genannten Körper im Allgemeinen. Ammoniak bläut das Lackmuspapier nur vorübergehend, bei dessen Verflüchtigung tritt die rothe Farbe der Lackmusfarbstoffe wieder hervor.

γ. Georginenpapier.

Bereitung. Die violetten Corollenblätter der *Georgina purpurea* kocht man mit Wasser, oder digerirt sie mit Weingeist und tränkt mit der erhaltenen Tinctur Papierstreifen. Man muss die Flüssigkeit gerade so concentrirt wählen, dass das Papier nach dem Trocknen eine schön blauviolette, nicht zu dunkle Farbe hat. Fällt es zu roth aus, so setzt man der Tinctur ein Minimum Ammon zu.

Anwendung. Das Georginenpapier wird von Säuren roth, von Alkalien schön grün gefärbt. Es ist daher zum Gebrauche sehr bequem, indem es sowohl das blaue als das geröthete Lackmuspapier ersetzt. Bei guter Bereitung ist es sowohl auf Säuren als Alkalien äusserst empfindlich. Concentrirte Lösungen ätzender Alkalien färben es gelb, indem sie den Farbstoff zerstören.

δ. Curcumapapier.

Bereitung. Man digerirt und erwärmt einen Theil zerstossener Curcumawurzel mit 6 Thln. schwachen Weingeistes und tränkt mit der filtrirten Tinctur Streifen von feinem Papier. Das Curcumapapier muss nach dem Trocknen eine schön gelbe Farbe haben und von wässerigen Flüssigkeiten leicht benetzt werden.

Anwendung. Es dient ebenso wie das rothe Lackmuspapier und das Georginenpapier zur Entdeckung freier Alkalien u. s. w., indem durch

dieselben seine gelbe Farbe in eine braune umgewandelt wird. Es ist nicht so empfindlich wie die anderen Reagenspapiere, die Farbenveränderung ist aber sehr charakteristisch und kann bei manchen gefärbten Flüssigkeiten besonders gut wahrgenommen werden, daher das Curcumapapier nicht gut zu entbehren ist. Bei Prüfungen mit demselben ist zu berücksichtigen, dass auch einige Körper, welche nicht zu den oben (beim gerötheten Lackmuspapier) angeführten gehören, z. B. die Borsäure, seine gelbe Farbe (namentlich beim Trocknen) in Roth verwandeln. Zur Entdeckung der letzteren bietet es ein ausgezeichnetes Mittel dar.

Alle Reagenspapiere werden in Streifchen zerschnitten und in gut verschlossenen Kästchen oder mit schwarzem Papier umklebten Gläsern aufbewahrt, denn bei dauerndem Lichteinflusse bleichen sie.

2. Indigolösung.

Bereitung. Man trägt in 4 bis 6 Thle. rauchende Schwefelsäure 1 Thl. fein zerriebenen Indigo unter gutem Umrühren langsam und in kleinen Portionen ein. Die Säure färbt sich durch die dem Indigoblau beigemengten Stoffe erst bräunlich, wird aber dann tief blau. Erhebliche Erwärmung ist zu vermeiden, weil dadurch ein Theil des Indigoblaues zerstört wird; es ist daher beim Auflösen grösserer Portionen eine Abkühlung des Mischgefässes durch Einstellen in kaltes Wasser räthlich. — Wenn aller Indigo eingetragen ist, bedeckt man das Gefäss, lässt es 48 Stunden lang stehen, giesst seinen Inhalt in die 20fache Menge Wasser, mischt, filtrirt und hebt zum Gebrauche auf.

Anwendung. Indigo wird beim Kochen mit Salpetersäure zersetzt, es bilden sich Oxydationsproducte von gelber Farbe. Er dient daher zur Entdeckung der Salpetersäure. — Nicht minder geeignet ist die Indigolösung zur Entdeckung der Chlorsäure und des freien Chlors.

B. Reagentien auf trocknem Wege.

I. Aufschliessungs- und Zersetzungsmittel.

§. 76.

1. Mischung von kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali ($NaO, CO_2 + KO, CO_2$).

Bereitung. Man digerire 10 Thle. gepulverten gereinigten Weinstein mit 10 Thln. Wasser und 1 Thl. Salzsäure unter öfterem Umrühren einige Stunden lang im Wasserbade, bringe die Masse auf einen nur in

der Spitze mit einem kleinen Filter versehenen Trichter, lasse abtropfen, bedecke mit einer mit aufstehenden Rändern versehenen runden Scheibe langsam filtrirenden Papiers und wasche, indem man auf dieses wiederholt kleine Portionen kalten Wassers giesst, aus, bis die ablaufende Flüssigkeit nach Zusatz von Salpetersäure durch Silberlösung nicht mehr getrübt wird. — Den so von Kalk (und Phosphorsäure) befreiten Weinstein trocknet man. — Man stelle sich ferner reinen Salpeter dar, indem man käuflichen in der Hälfte seines Gewichtes Wasser in der Siedhitze löst, die Lösung durch ein in einem erwärmten Porzellantrichter enthaltenes Colatorium in eine Porzellan- oder Steinzeugschale filtrirt und sie bis zum Erkalten mit einem reinen Holz- oder Porzellanspatel fleissig umrührt. Das Krystallmehl bringt man auf einen mit Baumwolle lose verstopften Trichter, lässt abtropfen, drückt fest, ebnet die Oberfläche, bedeckt sie mit einer doppelten Scheibe schlecht filtrirenden Papiers mit aufstehenden Rändern und giesst so lange Wasser in kleinen Portionen und geeigneten Zeitabschnitten auf, bis das abtröpfelnde Waschwasser durch salpetersaures Silberoxyd nicht mehr getrübt wird. — Man entleert alsdann den Inhalt des Trichters in eine Porzellanschale, trocknet ihn darin und zerreibt die Masse zu feinem Pulver.

Man menge jetzt 2 Thle. des reinen Weinsteins mit 1 Thl. des reinen Salpeters, trage das völlig trockne Gemenge portionenweise in einen blankgescheuerten, zum gelinden Glühen erhitzten gusseisernen Topf und erhitze denselben nach geschehener Verpuffung stark, bis eine herausgenommene Probe mit Wasser eine ganz farblose Lösung liefert. — Die verkohlte Masse zerreibe mit Wasser, filtrire, wasche etwas aus und verdampfe die Lösung in einer Porzellan-, besser Silberschale, bis sie sich mit einer bleibenden Salzhaut bedeckt. Man lässt jetzt unter beständigem Umrühren abkühlen, bringt die Krystalle des kohlensauren Kalis auf einen Trichter, lässt gut abtropfen, wäscht ein wenig aus, bringt die Krystalle in einer Silber- oder Porzellanschale zur staubigen Trockne und hebt sie in einem wohlverschlossenen Gefässe auf. — Die Mutterlauge liefert, verdampft, ein Spuren von Thonerde und Kieselsäure enthaltendes, zu sehr vielen Zwecken ganz brauchbares Präparat.

Von dem erhaltenen reinen kohlensauren Kali mische 13 Thle. genau mit 10 Thln. reinem, wasserfreiem kohlensaurem Natron und bewahre das Gemenge in gut verschlossenem Glase auf. — Direct lässt sich die fragliche Mischung bereiten, indem man 20 Thle. reinen Weinstein mit 9 Thln. reinem salpetersaurem Natron verpufft und die wie oben gewonnene Lauge zur Trockne verdampft, — oder auch indem man reines weinsteinsaures Natron-Kali glüht, die kohlige Masse mit Wasser auszieht und die wasserhelle Lösung zur Trockne verdampft. — Die Prüfung des Salzes ist wie die des kohlensauren Natrons (§. 46) vorzunehmen. — Etwa vorhandenes Cyankalium entdeckt man durch Zusatz von etwas Eisenoxyduloxydlösung, dann von Salzsäure im Ueberschuss, an der blaugrünen Färbung und dem blauen Niederschlag, welcher sich nach längerem Stehen absetzt.

Anwendung. Wird Kieselsäure oder eine kieselsaure Verbindung mit etwa 4 Thln., also mit einem Ueberschuss, von kohlensaurem Kali oder Natron geschmolzen, so bildet sich, indem Kohlensäure unter Aufbrausen entweicht, kieselsaures Alkali, welches als eine in Wasser lösliche Verbindung von etwa ausgeschiedenen Metalloxyden getrennt werden kann, und aus dem Salzsäure die Kieselsäure als Hydrat abscheidet. — Schmelzt man ein fixes kohlensaures Alkali mit schwefelsaurem Baryt, Strontian oder Kalk zusammen, so entstehen kohlensaure alkalische Erden und schwefelsaures Alkali, in welchen Verbindungen jetzt sowohl die Base als die Säure der früher unlöslichen Salze mit Leichtigkeit erkannt werden kann. — Wir bedienen uns jedoch zum Aufschliessen der unlöslichen kieselsauren und schwefelsauren Verbindungen weder des kohlensauren Kalis noch des kohlensauren Natrons, sondern obengedachter Mischung beider, weil diese einen weit niedrigeren Schmelzpunkt als ihre beiden Bestandtheile hat und so ein Aufschliessen der erwähnten Verbindungen über der Berzelius'schen Lampe oder der einfachen Gaslampe leicht möglich macht. Das Aufschliessen mit den kohlensauren Alkalien wird, wenn keine reducirenden Metalloxyde zugegen sind, stets im Platintiegel vorgenommen.

§. 77.

2. Barythydrat (BaO, HO).

Bereitung. Man erhitzt die nach §. 36 erhaltenen Barytkrystalle in einer Silber- oder Platinschale bei gelinder Hitze, bis alles Krystallwasser ausgetrieben ist, zerreibt die zurückbleibende weisse Masse und hebt sie zum Gebrauche in einem wohl verschlossenen Glase auf.

Anwendung. Das Barythydrat schmilzt in gelinder Rothglühhitze, ohne sein Wasser zu verlieren. — Schmelzt man nun durch Säuren unzersetzbare kieselsaure Verbindungen mit etwa ihrem vierfachen Gewichte Barythydrat zusammen, so bilden sich durch Säuren zersetzbare basisch kieselsaure Verbindungen. Behandelt man daher die geschmolzene Masse mit Wasser und Salzsäure, verdampft die Lösung zur Trockne und digerirt den Rückstand mit verdünnter Salzsäure, so bleibt die Kieselsäure zurück, die Oxyde kommen als Chlormetalle in Lösung. — Man bedient sich des Barythydrats zum Aufschliessen, wenn man kieselsaure Verbindungen auf Alkalien prüfen will. — Es verdient dem zu gleichem Behufe anwendbaren kohlensauren oder salpetersauren Baryt vorgezogen zu werden, weil dabei nicht wie bei jenem eine sehr hohe Temperatur erfordert, noch wie bei diesem durch in der Masse sich entwickelndes Gas ein Spritzen veranlasst wird. Das Aufschliessen mit Barythydrat geschieht in Silber- oder Platintiegeln.

§. 78.

3. Fluorcalcium (CaFl).

Man wähle möglichst reinen, namentlich von Alkalien freien Flussspath, pulvere ihn fein und hebe ihn zum Gebrauche auf.

Anwendung. Das Fluorcalcium dient bei gleichzeitiger Anwendung von Schwefelsäure zur Zerlegung von in Säuren unlöslichen Silicaten und zwar hauptsächlich zur Nachweisung der darin enthaltenen Alkalien. Vergl. Kieselsäure im dritten Abschnitte.

§. 79.

4. Salpetersaures Natron (NaO, NO_5).

Bereitung. Man neutralisire reine Salpetersäure mit reinem kohlensaurem Natron genau und verdampfe zur Krystallisation. Die erhaltenen Krystalle trockne scharf und hebe sie zerrieben auf.

Prüfung. Eine Lösung des salpetersauren Natrons darf weder durch Silber- noch durch Barytlösung getrübt, noch durch kohlensaures Natron gefällt werden.

Anwendung. Das salpetersaure Natron dient, indem es beim Erhitzen mit verbrennlichen Substanzen Sauerstoff an dieselben abgibt, als ein sehr kräftiges Oxydationsmittel. Wir bedienen uns desselben hauptsächlich zur Ueberführung mehrerer Schwefelmetalle, besonders des Schwefelzinns, Schwefelantimons und Schwefelarsens, in Oxyde und Säuren; — ferner zur schnellen und vollständigen Verbrennung organischer Körper. Zur Erreichung des letzteren Zweckes verdient das durch Sättigung von Salpetersäure mit kohlensaurem Ammon zu erhaltende salpetersaure Ammon zuweilen den Vorzug.

§. 80.

5. Saures schwefelsaures Kali ($KO, HO, 2SO_3$).

Bereitung. Man rührt 87 Thle. neutrales schwefelsaures Kali (§. 42) in einer Platinschale oder einem grösseren Platintiegel mit 49 Thln. reiner concentrirter Schwefelsäure zusammen, erhitzt zum gelinden Glühen bis die Masse gleichförmig und wasserhell fliesst, giesst sie sodann in eine in kaltem Wasser stehende Platinschale, einen Porzellanscherben oder dergl. aus, zerschlägt sie und bewahrt sie zum Gebrauche auf.

Prüfung. Das saure schwefelsaure Kali muss sich in Wasser leicht und vollständig zu einer stark sauer reagirenden Flüssigkeit lösen, welche durch Schwefelwasserstoff, wie durch Ammon und Schwefelammonium nicht getrübt oder gefällt werden darf.

Anwendung. Das saure schwefelsaure Kali löst und zersetzt in Schmelzhitze viele Körper, welche sich auf nassem Wege durch Säure nur schwierig und unvollständig lösen und zersetzen lassen, so geglüht

Thonerde, Titansäure, Chromeisenstein etc. und dient uns daher häufig um die Auflösung beziehungsweise Zersetzung solcher Körper zu bewirken. Das Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali ist in Platingefässen vorzunehmen.

II. Löthrohrreagentien.

§. 81.

1. Kohlensaures Natron (NaO, CO_2).

Bereitung. Siehe oben §. 46.

Anwendung. Das kohlensaure Natron dient uns erstens zur Begünstigung der Reduction oxydirter Körper durch die innere Löthrohrflamme. Indem dasselbe schmilzt, bringt es die Oxyde mit der Kohlenunterlage in innigste Berührung und gestattet der Löthrohrflamme mit allen Theilen der Probe zusammenzutreffen. Bei Salzen der Schwermetalle geht der Reduction Abscheidung der Base voran. — Durch seine Materie, durch Umsetzung seiner Bestandtheile wirkt es hierbei mit (nach R. Wagner in Folge der Bildung von Cyannatrium). War die Probe sehr gering, so befindet sich das reducirte Metall oft in den Poren der Kohle. Man gräbt alsdann die um das Grübchen befindlichen Theile mit einem Messer heraus, zerreibt Alles in einem Mörserchen und schlämmt die Kohle von den Metalltheilen ab, welche nun, je nach ihrer Natur, als Pulver oder als ausgeplattete Flitterchen sichtbar werden.

Das kohlensaure Natron wirkt zweitens als Auflösungsmittel. Zur Prüfung, ob Körper darin löslich sind, bedient man sich am liebsten des Platindrahts als Unterlage. Von den Basen lösen sich nur wenige in schmelzendem kohlensaurem Natron, die Säuren hingegen werden leicht gelöst. — Das kohlensaure Natron dient ferner als Zersetzungs- und Aufschliessungsmittel, und zwar vorzüglich für unlösliche schwefelsaure Salze, mit welchen es die Säure tauscht, wobei in der inneren Flamme gleichzeitig eine Reduction des gebildeten schwefelsauren Natrons zu Schwefelnatrium stattfindet; für Schwefelarsen, mit dem es sich beim Zusammenschmelzen zu Schwefelarsen-Schwefelnatrium und arsenig- oder arsensaurem Natron umsetzt und dasselbe also in eine Form bringt, in der es durch Wasserstoff reducirbar ist. — Zur Entdeckung des Mangans ist endlich das kohlensaure Natron das empfindlichste Reagens auf trocknem Wege, indem es, mit einer Mangan enthaltenden Substanz in der äusseren Flamme zusammengeschmolzen, in Folge der Entstehung mangansauren Natrons eine grüne, unklare Perle liefert.

§. 82.

2. Cyankalium (KCy).

Seine Bereitung und Prüfung siehe oben §. 54.

Anwendung. Das Cyankalium ist auf trocknem Wege ein so starkes Reductionsmittel, dass es in seiner Wirkung fast alle übrigen übertrifft,

und zwar scheidet es nicht nur aus den meisten Sauerstoffverbindungen, sondern auch aus vielen Schwefelverbindungen die Metalle ab, indem sich im ersteren Falle durch Sauerstoffaufnahme cyansaures Kali, im letzteren durch Aufnahme von Schwefel Schwefelcyankalium bildet. Es lassen sich durch dieses Reagens aus Körpern, wie Antimonoxyd, Schwefelantimon, Eisenoxyd u. s. w., auf die leichteste Weise (gewöhnlich schon im Porzellantiegel über der einfachen Gas- oder der Weingeistlampe) regulinische Metalle darstellen. Ihre Abscheidung wird durch die Leichtflüssigkeit des Cyankaliums sehr begünstigt. In der Analyse ist es uns von ganz besonderer Wichtigkeit zur Reduction von Zinnoxyd, von Antimonsäure und namentlich von Schwefelarsen; das Nähere siehe im Abschnitte III. — Als Löthrohrreagens ist das Cyankalium ebenfalls sehr wichtig. Seine Wirkung ist höchst energisch. Körper, wie Zinnoxyd, welche, um mit Soda reducirt zu werden, schon einer guten Flamme bedürfen, reduciren sich mit Cyankalium mit grösster Leichtigkeit. Man wendet bei Löthrohrversuchen immer ein Gemenge von gleichen Theilen kohlensaurem Natron und Cyankalium an, da das Cyankalium allein zu leicht schmilzt. Dieses Gemenge hat ausser dem Vorzug einer kräftigeren Wirkung vor dem kohlensauren Natron noch den voraus, dass es sich äusserst leicht in die Kohle zieht, so dass die Metallkügelchen in grösster Reinheit sichtbar werden.

§. 83.

3. Doppelt-borsaures Natron (Borax) ($NaO, 2\,BO_3$, kryst. + 10 aq.).

Man prüfe käuflichen Borax, ob seine Lösung durch kohlensaures Natron gefällt wird, oder ob in derselben nach Zusatz von Salpetersäure durch Baryt- oder Silberlösung Niederschläge entstehen. Bewirken die angegebenen Reagentien keine Veränderung, so ist der Borax rein, entsteht durch eins oder das andere eine Trübung oder Fällung, so muss er umkrystallisirt werden. Den reinen krystallisirten Borax erhitze man in einem Platintiegel gelinde, bis er sich nicht mehr weiter aufbläht, zerreibe den entwässerten Borax und hebe ihn zum Gebrauch auf.

Anwendung. Die Borsäure zeigt, wenn sie schmelzend mit Oxyden in Berührung kommt, eine grosse Verwandtschaft zu denselben. Sie verbindet sich daher erstens direct mit Oxyden, zweitens treibt sie minder starke Säuren aus ihren Salzen aus, und drittens begünstigt sie die Oxydation von Metallen, Schwefel- und Haloidverbindungen durch die äussere Löthrohrflamme, indem sie die entstandenen Oxyde löst. — Die gebildeten borsauren Oxyde schmelzen meistens schon an und für sich, sie schmelzen aber weit leichter mit borsaurem Natron zusammen, indem dasselbe entweder nur als Flussmittel oder durch Bildung von Doppelsalzen wirkt. — Im sauren borsauren Natron haben wir erstlich freie Borsäure, zweitens borsaures Natron, wir haben demnach darin beide Bedingungen vereinigt, wodurch, wie angeführt, Oxyde, Sulphurete,

Metalle u. s. w. zur Auflösung und Schmelzung gebracht werden, und es ist daher der Borax für uns als Löthrohrreagens von grösster Wichtigkeit. Als Unterlage wählt man bei seinem Gebrauche meistens Platindraht, macht zu dem Ende das Oehr desselben feucht oder glühend, taucht es in das Boraxpulver und bringt in die äussere Flamme, wodurch man eine farblose Perle erhält. An diese befestigt man nun, indem man sie noch heiss, oder indem man sie befeuchtet mit der Probe in Berührung bringt, ein wenig derselben, setzt nunmehr der Gas- oder Löthrohrflamme aus und beobachtet die Erscheinungen. Folgende Punkte sind dabei besonders ins Auge zu fassen: erstens, ob sich der Körper zur klaren Perle löst oder nicht, und ob eine klare Perle beim Erkalten ihre Durchsichtigkeit behält oder nicht; — zweitens, ob eine solche Perle eine bestimmte Farbe zeigt, was in vielen Fällen, z. B. beim Kobalt, zur augenblicklichen, sicheren Erkennung führt, — und drittens, ob die Perlen in äusserer und innerer Flamme gleiches oder verschiedenes Verhalten zeigen. Erscheinungen letzterer Art sind von dem Uebergange höherer Oxydationsstufen in niedrigere oder auch in Metall abhängig und für einzelne Körper besonders bezeichnend.

§. 84.

4. Phosphorsaures Natron-Ammon (Phosphorsalz) (PO_5, NaO, NH_4O, HO, krystallisirt + 8 aq.).

Bereitung. a. Man erhitzt 6 Thle. phosphorsaures Natron und 1 Thl. reinen Salmiak mit 2 Thln. Wasser zum Sieden und lässt erkalten. Die Krystalle des Doppelsalzes, welche man dadurch erhält, reinigt man, unter Zufügung von etwas Ammonflüssigkeit, durch Umkrystallisiren von dem ihnen anhängenden Chlornatrium. Man trocknet sie alsdann und bewahrt sie zerrieben auf.

b. Man versetzt von zwei gleichen Theilen reiner gewöhnlicher Phosphorsäure den einen mit Natronlauge, den anderen mit wässerigem Ammon, bis beide Flüssigkeiten sehr deutlich alkalisch reagiren, mischt sie zusammen und bringt zur Krystallisation.

Prüfung. Das Phosphorsalz löst sich in Wasser zu einer schwach alkalisch reagirenden Flüssigkeit. Der darin durch salpetersaures Silberoxyd entstehende gelbe Niederschlag muss sich in Salpetersäure klar lösen. Am Platindraht geschmolzen muss das Phosphorsalz eine klare und farblose Perle liefern.

Anwendung. Wird phosphorsaures Natron-Ammon erhitzt, so entweicht zuerst das Krystallwasser und das Ammon, es bleibt saures pyrophosphorsaures Natron (PO_5, NaO, HO), bei stärkerem Erhitzen entweicht auch das letzte Aequivalent Wasser, und es bleibt leicht schmelzbares metaphosphorsaures Natron (PO_5, NaO). Die Wirkung des Phosphorsalzes

ist der des sauren borsauren Natrons ganz analog. Da jedoch die Erfahrung lehrt, dass die Gläser, welche es mit vielen Körpern bildet, schöner und deutlicher gefärbt sind als die des Boraxes, so wird es diesem in vielen Fällen als Auflösungs- und Flussmittel vorgezogen. — Bei Anwendung des Phosphorsalzes bedient man sich ebenfalls des Platindrahtes als Unterlage, wobei zu berücksichtigen, dass man das Oehr desselben klein und schmal machen muss, widrigenfalls die Perle nicht daran haftet. Man verfährt im Uebrigen, wie beim Borax angegeben ist.

§. 85.

5. Salpetersaures Kobaltoxydul (CoO, NO_5, krystallisirt + 5 aq.).

Bereitung. Man schmelzt in einem hessischen Tiegel 3 Thle. saures schwefelsaures Kali und trägt in kleinen Portionen 1 Thl. fein gepulvertes gut geröstetes Kobalterz (möglichst reinen Zaffer) ein. Die Masse verdickt sich und wird teigartig; man erhitzt sie dann stärker, bis sie wieder flüssiger wird, und setzt das Erhitzen so lange fort, bis alle überschüssige Schwefelsäure verdampft ist, und die Masse daher keine weissen Nebel mehr ausstösst. Man nimmt sie jetzt mittelst eines eisernen Löffels oder Spatels heraus, pulvert sie nach dem Erkalten, kocht sie mit Wasser, bis das Ungelöste zu einer weichen Masse zerfallen ist, und filtrirt die rosenrothe, von Arsen, Nickel, und meist auch von Eisen freie Lösnng ab. Man versetze dieselbe mit einer kleinen Menge kohlensauren Natrons, so dass ein wenig kohlensaures Kobaltoxydul niederfällt, koche und filtrire. Die nun eisenfreie Lösung fälle man kochend mit kohlensaurem Natron, wasche den Niederschlag gut aus und bringe ihn noch feucht mit überschüssiger Oxalsäure zusammen. Das rosenrothe oxalsaure Kobaltoxydul wasche gut aus, trockne es und glühe es in einem Glasrohr im Wasserstoffstrom. Es zerfällt hierbei in Kohlensäure, welche entweicht, und metallisches Kobalt. Letzteres wäscht man erst mit essigsäurehaltigem, dann mit reinem Wasser aus, löst in verdünnter Salpetersäure, behandelt — sofern nöthig — mit Schwefelwasserstoff, filtrirt von etwa gefälltem Schwefelkupfer etc. ab, verdampft die Lösung im Wasserbade zur Trockne und löst 1 Thl. des Rückstandes in 10 Thln. Wasser.

Prüfung. Die Kobaltlösung muss frei von fremden Metallen und namentlich auch von alkalischen Salzen sein; fällt man sie mit Schwefelammonium, so darf das Filtrat — auf Platin verdampft — keinen fixen Rückstand lassen.

Anwendung. Das Kobaltoxydul geht beim Glühen mit einigen unschmelzbaren Körpern eigenthümlich gefärbte Verbindungen ein und kann daher zu ihrer Erkennung dienen. Die Körper, welche dadurch entdeckt werden können, sind namentlich Zinkoxyd und Thonerde (siehe Abschnitt III.).

Dritter Abschnitt.

Verhalten der Körper zu Reagentien.

§. 86.

Die qualitative Analyse beruht, wie oben erwähnt worden, im Allgemeinen darauf, dass man Versuche macht, die unbekannten Bestandtheile eines Körpers in neue, ihrem Verhalten und ihren Eigenschaften nach bekannte Formen überzuführen, um aus diesen alsdann auf die Bestandtheile schliessen zu können. — Mit solchen Versuchen verhält es sich wie überhaupt mit allen Fragen; sie sind um so besser, je gewisser sie zu einem bestimmten Resultate, gleichgültig ob dasselbe positiver oder negativer Natur ist, führen müssen. Wie uns aber eine Frage nicht klüger macht, wenn wir die Sprache, in der uns die Gegenrede wird, nicht verstehen, so kann uns auch ein Versuch nichts nützen, wenn wir die Ausdrucksweise nicht kennen, in welcher die Beantwortung erfolgt, wenn wir also nicht wissen, welcher Schluss daraus zu ziehen ist, im Falle ein Reagens einen Körper unverändert lässt, oder im Falle es beim Zusammentreffen mit demselben einen Niederschlag, eine Färbung oder eine sonstige Erscheinung hervorruft.

Bevor daher zur Analyse selbst geschritten werden kann, ist es unerlässliche Bedingung, dass man die Formen und Verbindungen der Körper, welche dann als bekannt angenommen werden sollen, auch wirklich völlig kenne. Eine solche völlige Bekanntschaft beruht aber erstens auf einem Wissen und Verstehen der Bedingungen, die zum Entstehen der neuen Verbindungen, überhaupt zum Eintreten der verschiedenen Reactionen nothwendig sind, und zweitens auf einer sinnlichen Einprägung der Farbe, Form, überhaupt der Eigenschaften, welche die neuen Verbindungen charakterisiren. Es ist daher dieser Abschnitt nicht bloss durchzustudiren, sondern vor Allem auch durchzuexperimentiren.

Um das Verhalten der Körper zu Reagentien kennen zu lehren, werden häufig die Körper einzeln nach einander vorgeführt und ihre charakteristischen Reactionen angegeben. Zweckmässiger für den Anfänger dürfte aber die folgende Darstellung erscheinen, welche diejenigen Körper, die in vieler Beziehung Analogien zeigen, in Gruppen zusammenfasst und so durch ein Gegenüberstellen der Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten die letzteren so viel wie möglich ins Licht setzt.

A. Verhalten der Metalloxyde und ihrer Radicale.

§. 87.

Der speciellen Betrachtung der einzelnen Metalloxyde schicke ich eine Uebersicht aller voraus. Wir ersehen aus derselben, welche Oxyde

in jede Gruppe gehören; warum sie hineingehören, wird aus der speciellen Betrachtung der Gruppen hervorgehen.

Erste Gruppe.

Kali, Natron, Ammon (Cäsiumoxyd, Rubidiumoxyd, Lithion).

Zweite Gruppe.

Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia.

Dritte Gruppe.

Thonerde, Chromoxyd (Beryll-, Thor-, Zirkon-, Ytter-Erde, Erbinerde, Oxyde des Cers, Lanthans, Didyms, Titans, Tantals, Niobs).

Vierte Gruppe.

Oxyde des Zinks, Mangans, Nickels, Kobalts, Eisens (Urans, Thalliums, Indiums, Vanadins).

Fünfte Gruppe.

Oxyde des Silbers, Quecksilbers, Bleies, Wismuths, Kupfers, Cadmiums (Palladiums, Rhodiums, Osmiums, Rutheniums).

Sechste Gruppe.

Oxyde und Säuren des Goldes, Platins, Zinns, Antimons, Arsens (Iridiums, Molybdäns, Wolframs, Tellurs, Selens).

Von diesen Metalloxyden kommen nur die gesperrt gedruckten in grösserer Menge und weiterer Verbreitung in der uns bekannten Schicht des Erdkörpers vor, — nur sie spielen daher eine wichtigere Rolle in der Chemie selbst, sowie in den Künsten und Gewerben, in der Landwirthschaft, der Pharmacie etc., — nur sie sollen daher im Folgenden ausführlich behandelt werden. Die übrigen sind in kürzerer Weise besprochen, und die betreffenden Abschnitte, welche beim ersten Studium der qualitativen Analyse überschlagen werden können, in kleinerer Schrift gedruckt. Das Verhalten der Metalle selbst habe ich nur bei den Körpern angeführt, welche im metallischen Zustande bei analytischen Arbeiten häufiger vorkommen.

§. 88.

Erste Gruppe.

Häufiger vorkommende Glieder: Kali, Natron, Ammon.

Seltener vorkommende Glieder: Cäsiumoxyd, Rubidiumoxyd, Lithion.

Eigenschaften der Gruppe. Die Alkalien sind im reinen (kaustischen) Zustande, als Schwefelverbindungen, als kohlensaure und phosphorsaure Salze in Wasser löslich (die betreffenden Lithionsalze freilich schwer löslich). Es schlagen sich daher die Alkalien weder im reinen, noch im kohlensauren oder phosphorsauren Zustande gegenseitig nieder (was jedoch bei Lithion stärkere Verdünnung der Lösung voraussetzt), noch werden sie durch Schwefelwasserstoff unter irgend einer Bedingung gefällt. — Die Lösungen der reinen Alkalien sowohl als die ihrer Schwefelverbin-

dungen und kohlensauren Salze bläuen geröthetes Lackmuspapier und bräunen Curcumapapier im höchsten Grade.

Besondere Reactionen der häufiger vorkommenden Glieder.

§. 89.

a. Kali (KO).

1. Das Kali, sein Hydrat und seine Salze sind in schwacher Glühhitze nicht flüchtig. Das Kali und sein Hydrat zerfliessen an der Luft. Die entstehenden ölartigen Flüssigkeiten ziehen rasch Kohlensäure aus der Luft an, erhärten aber dabei nicht.

2. Die Kalisalze lösen sich fast alle in Wasser. Sie sind farblos, wenn die Säure nicht gefärbt ist. Die neutralen Kalisalze mit starken Säuren verändern Pflanzenfarben nicht. Kohlensaures Kali krystallisirt (in Verbindung mit 2 Aeq. Wasser) schwierig, zerfliesst an der Luft. Schwefelsaures Kali enthält kein Wasser, verändert sich an der Luft nicht.

3. *Platinchlorid* erzeugt in den neutralen und sauren Lösungen der Kalisalze einen gelben, krystallinischen, schweren Niederschlag von Kaliumplatinchlorid ($KCl, PtCl_2$), und zwar in concentrirten Lösungen sogleich, in verdünnteren nach einiger, oft erst nach längerer Zeit. Sehr verdünnte Lösungen werden gar nicht gefällt. — Der Niederschlag besteht aus unter dem Mikroskop erkennbaren Octaëdern. Alkalische Lösungen sind vor Zusatz des Platinchlorids mit Salzsäure anzusäuern. In Wasser ist der Niederschlag schwer löslich, freie Säuren erhöhen seine Löslichkeit nicht erheblich, Alkohol löst ihn nicht. Es zeigt daher das Platinchlorid Kalisalze mit ganz besonderer Schärfe an, wenn dieselben in Weingeist gelöst sind. Am empfindlichsten ist die Reaction, wenn man die wässerige Lösung des Kalisalzes mit Platinchlorid im Wasserbade bis fast zur Trockne verdampft und den Rückstand alsdann mit wenig Wasser (besser noch mit Weingeist, wenn keine darin unlöslichen sonstigen Substanzen vorhanden sind) übergiesst, wobei das Kaliumplatinchlorid ungelöst zurückbleibt. Man hüte sich vor der Verwechselung desselben mit Ammoniumplatinchlorid (§. 91. 4).

4. *Weinsteinsäure* erzeugt in neutralen oder alkalischen Auflösungen der Kalisalze (in welchem letzteren Falle das Reagens bis zur stark sauren Reaction zuzusetzen ist) einen weissen, sich schnell zu Boden setzenden körnig krystallinischen Niederschlag von saurem weinsteinsaurem Kali ($KO, HO, C_8H_4O_{10}$), und zwar in concentrirten Lösungen sogleich, in verdünnten oft erst nach längerer Zeit. Sehr verdünnte Lösungen werden gar nicht gefällt. Heftiges Umschütteln oder Umrühren der Flüssigkeit befördert das Entstehen des Niederschlages bedeutend, freie Alkalien und freie Mineralsäuren lösen denselben auf, in kaltem Wasser ist es schwer löslich, ziemlich leicht löslich in heissem. Will man saure Lösungen in Weinsteinsäure auf Kali prüfen, so muss die freie Säure

erst, wenn thunlich, durch Abdampfen und Glühen verjagt, oder aber durch Zusatz von reinem oder kohlensaurem Natron neutralisirt werden.

Mit noch besserem Erfolge als die freie Weinsteinsäure wendet man das *saure weinsteinsaure Natron* an. Die Reaction tritt mit denselben Erscheinungen ein, ist aber empfindlicher, weil bei ihr das Natronsalz der mit dem Kali verbunden gewesenen Säure entsteht, während bei Anwendung der freien Weinsteinsäure das Hydrat jener Säure auftritt, welches die Fähigkeit des vorhandenen Wassers, saures weinsteinsaures Kali zu lösen, erhöht und so der Ausscheidung des letzteren entgegenwirkt ($KO, NO_5 + NaO, HO \,.\, C_8H_4O_{10} = KO, HO \,.\, C_8H_4O_{10} + NaO, NO_5$).

5. Bringt man ein in starker Glühhitze flüchtiges Kalisalz am Oehr eines feinen Platindrahtes in den Schmelzraum der Flamme der Bunsen'schen *Gaslampe* (S. 30), so verflüchtigt sich dasselbe und färbt den über der Probe befindlichen Theil der Flamme blauviolett. Chlorkalium und salpetersaures Kali verflüchtigen sich rasch, kohlensaures und schwefelsaures Kali langsamer, phosphorsaures Kali noch langsamer, aber alle zeigen, wenn auch in abnehmendem Grade, die Reaction deutlich. Will man die Reaction gleichmässiger, d. h. unabhängig von der zufällig anwesenden Säure haben, so befeuchte man die Probe mit Schwefelsäure, trockne sie am Rand der Flamme und bringe sie dann in dieselbe. — Bei kieselsauren Salzen und anderen schwerflüchtigen Verbindungen schmelzt man, um die Reaction sicher hervorzurufen, die Probe mit reinem Gyps zusammen. Es entsteht kieselsaurer Kalk und schwefelsaures Kali, welches die Färbung der Flamme hervorbringt. Decrepitirende Salze glüht man im Platinlöffel, bevor man sie am Platindraht befestigt. — Anstatt in die Flamme der Bunsen'schen Gaslampe kann man die Probe auch vor die Spitze der inneren *Löthrohrflamme* bringen, wie man sie mittelst einer Weingeistflamme erhält. — Gegenwart von Natronsalz verdeckt die Kalifärbung der Flamme gänzlich.

Das Spectrum der Kaliflamme, wie es der *Spectralapparat* (Seite 36 oder Seite 38) zeigt, ist auf Taf. I. abgebildet. Es enthält zwei charakteristische Linien, die rothe α und die indigoblaue β. — Betrachtet man die Kaliflamme durch das *Indigoprisma* (Seite 35), so erscheint die Färbung himmelblau, violett, und endlich selbst noch durch die dicksten Schichten der Lösung intensiv carmoisinroth. Beigemengte Kalk-, Natron- und Lithionverbindungen ändern diese Reaction nicht, da die gelben Strahlen die Indigolösung gar nicht, und die Strahlen der Lithionflamme die dicken Schichten der Indigolösung, von einer auf dem Prisma zu markirenden Stelle an, nicht zu durchdringen vermögen; beigemischte organische Substanzen aber, welche die Flamme leuchtend machen, würden leicht zu Verwechselungen führen können und sind daher durch vorhergehendes Verbrennen zu beseitigen. — Anstatt des Indigoprismas kann man sich auch blauen Glases bedienen, bei Anwesenheit von Lithion so dicker Schichten, dass das Lithionroth sie nicht zu durchdringen vermag.

6. Erhitzt man ein Kalisalz (am besten Chlorkalium) mit wenig Wasser, setzt (mit farbloser Flamme brennenden) *Alkohol* zu, erhitzt diesen und zündet ihn an, so erscheint die Flamme violett. Die Reaction ist weit weniger empfindlich, als die in 5. genannte, Anwesenheit von Natron verdeckt sie gänzlich.

§. 90.

b. Natron (NaO).

1. Das Natron, sein Hydrat und seine Salze zeigen im Allgemeinen dasselbe Verhalten wie die entsprechenden Kaliverbindungen. Die beim Zerfliessen des Natrons an der Luft entstehende ölartige Lösung erhärtet bald wieder durch Aufnahme von Kohlensäure. — Das kohlensaure Natron krystallisirt leicht. Die Krystalle ($NaO, CO_2 + 10$ aq.) verwittern schnell an der Luft. Dasselbe gilt von den Krystallen des schwefelsauren Natrons ($NaO, SO_3 + 10$ aq.).

2. Versetzt man eine hinlänglich concentrirte Lösung eines neutral oder alkalisch reagirenden Natronsalzes, welche sich zweckmässig in einem Uhrglase befindet, mit einer nach §. 51 bereiteten Lösung von körnigem *antimonsaurem Kali*, so entsteht anfangs keine oder nur eine geringe Trübung, reibt man aber die von der Flüssigkeit bedeckte Glaswandung mit einem Glasstabe, so scheidet sich rasch ein krystallinischer Niederschlag von antimonsaurem Natron ($NaO, SbO_5 + 7$ aq.) aus, welcher sich zunächst an den geriebenen Stellen anlegt und sich als schweres, sandiges Pulver aus der Flüssigkeit absetzt. — Aus verdünnten Natronsalzlösungen scheidet sich das Salz erst nach längerer Zeit, z. B. innerhalb 12 Stunden, und bei sehr verdünnten gar nicht ab. — Die krystallinische Beschaffenheit des ausgeschiedenen antimonsauren Natrons verleugnet sich nie; langsam abgeschieden besteht es zuweilen aus wohl ausgebildeten mikroskopischen Quadratoctaëdern, öfter aus vierseitigen, pyramidal zugespitzten Säulen, — rasch ausgeschieden erscheint es in Form kleiner kahn- oder barkenförmiger Kryställchen. Die Anwesenheit grösserer Mengen von Kalisalzen beeinträchtigt die Reaction sehr merklich. Saure Lösungen können mit antimonsaurem Kali nicht geprüft werden, denn freie Säuren scheiden aus letzterem Antimonsäurehydrat oder saures antimonsaures Kali aus; man muss daher wo möglich die freie Säure durch Abdampfen oder Glühen entfernen, oder, wenn dieses nicht thunlich, durch etwas kohlensaures Kali abstumpfen, so dass schwach alkalische Reaction eintritt, bevor man das Reagens zusetzt. Man beachte ferner, dass nur solche Lösungen mit antimonsaurem Kali geprüft werden können, welche keine anderen Basen als Natron und Kali enthalten.

3. Bringt man Natronsalze in den Schmelzraum der Flamme der Bunsen'schen *Gaslampe* oder in die innere *Weingeist-Löthrohrflamme*, so zeigen sie in Betreff relativer Flüchtigkeit und bezüglich ihres Verhal-

tens zu Zersetzungsmitteln ein ähnliches Verhalten wie die Kalisalze, wobei nur bemerkt zu werden verdient, dass die Natronsalze etwas weniger flüchtig sind, als die entsprechenden Kalisalze; höchst charakteristisch aber ist die bei Verflüchtigung von Natronsalzen eintretende intensiv gelbe Flammenfärbung, welche auch die kleinsten Mengen Natron entdecken lässt und selbst durch grössere Mengen von Kalisalz nicht beeinträchtigt wird.

Ihr *Spectrum* (Tafel I.) zeigt, mit den gewöhnlichen *Spectroskopen* betrachtet, nur eine gelbe Linie α. Bei Anwendung sehr stark brechender Apparate erkennt man, dass der gelbe Streif aus zwei gesonderten, aber sehr nahe an einander liegenden Linien besteht. Die Reaction ist so ausserordentlich empfindlich, dass in der Regel der Kochsalzgehalt des atmosphärischen Staubes genügt, um ein — wenn auch nur schwaches — Natriumspectrum zu liefern.

Charakteristisch für die Natronflamme ist es, dass ein durch sie beleuchteter Krystall von saurem chromsaurem Kali farblos und ein mit Quecksilberjodid bestrichenes Stückchen Papier weiss mit einem schwachen Stich ins Fahlgelbe erscheint (Bunsen), sowie dass sie durch *grünes Glas* betrachtet orangegelb erscheint (Merz). Diese Reactionen werden durch anwesende Kali-, Lithion- und Kalksalze nicht verdeckt.

4. Behandelt man Natronsalze (am besten Chlornatrium) wie bei Kali unter 6. angeführt worden, so färbt sich die *Alkoholflamme* stark gelb. Auch diese Reaction wird durch anwesendes Kalisalz nicht verdeckt.

5. *Platinchlorid* erzeugt in Natronsalzlösungen, wenn dieselben neutral oder sauer reagiren, keinen Niederschlag. Das Natriumplatinchlorid ist leicht löslich, sowohl in Wasser als in Weingeist, und krystallisirt in morgenrothen Prismen.

6. *Weinsteinsäure* und *saures weinsteinsaures Natron* fällen selbst concentrirte, neutral reagirende Lösungen von Natronsalzen nicht.

§. 91.

c. Ammon (NH_4O).

1. Das bei gewöhnlicher Temperatur gasförmige Ammoniak (NH_3) kommt uns am häufigsten in seiner wässerigen Lösung vor, in welcher es sich durch einen penetranten Geruch sogleich verräth. Beim Erhitzen derselben wird es ausgetrieben. Man kann annehmen, dass es darin als Ammon (NH_4O) enthalten ist (§. 35).

2. Die Ammonsalze sind sämmtlich in gelinder Hitze flüchtig, und zwar entweder unter Zersetzung oder unzerlegt. Die meisten lösen sich leicht in Wasser. Die Lösungen sind farblos. Die neutralen Verbindungen des Ammons mit starken Säuren verändern Pflanzenfarben nicht.

3. Werden Ammonsalze mit *Kalkhydrat*, am besten unter Zusatz einiger Tropfen Wasser, zusammengerieben, oder werden dieselben in fester Form oder gelöst mit *Kali-* oder *Natronlauge* erwärmt, so wird Am-

moniak gasförmig frei und gibt sich erstens durch seinen eigenthümlichen Geruch, zweitens durch seine Reaction auf feuchte Reagenspapiere, und drittens dadurch zu erkennen, dass es die Bildung weisser Nebel veranlasst, wenn mit Salzsäure, Salpetersäure, Essigsäure, überhaupt mit flüchtigen Säuren befeuchtete Gegenstände (Glasstäbchen) damit in Berührung kommen. Diese Nebel sind durch die beim Zusammentreffen der Gase in der Luft entstehenden festen Salze bedingt. Salzsäure gibt dabei die empfindlichste Reaction ab, Essigsäure aber gestattet weniger leicht eine Täuschung. — Nimmt man das Austreiben des Ammoniaks in einem kleinen Becherglase vor, am besten mit Kalkhydrat unter Zusatz von ganz wenig Wasser, und bedeckt man das Becherglas mit einem Uhrglase, an dessen convexer Seite man in der Mitte ein Stückchen befeuchtetes Curcumapapier oder geröthetes Lackmuspapier befestigt hat, so gelingt der Nachweis auch bei sehr kleinen Ammonmengen; nur tritt dann die Reaction nicht sogleich, sondern erst nach einiger Zeit ein. Gelindes Erwärmen beschleunigt sie.

4. *Platinchlorid* verhält sich gegen Ammonsalze wie gegen Kalisalze; der entstehende gelbe Niederschlag von Ammonium-Platinchlorid ($NH_4Cl, PtCl_2$) besteht wie die entsprechende Kaliverbindung aus unter dem Mikroskop erkennbaren Octaëdern.

5. *Weinsteinsäure* fällt aus ganz concentrirten, neutral reagirenden Ammonsalzlösungen nach einiger Zeit einen Theil des Ammons als saures weinsteinsaures Ammon ($NH_4O, HO.C_8H_4O_{10}$), irgend verdünnte Lösungen werden nicht gefällt. *Saures weinsteinsaures Natron* fällt concentrirte Lösungen viel vollständiger und bringt schon in verdünnteren einen Niederschlag hervor. Das saure weinsteinsaure Ammon ist ein weisser krystallinischer Niederschlag; Schütteln und Reiben der Glaswände befördern seine Abscheidung. Zu Lösungsmitteln verhält es sich wie das entsprechende Kalisalz, nur ist es in Wasser und Säuren etwas leichter löslich.

§. 92.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Kali- und Natronsalze sind in mässiger Glühhitze nicht flüchtig, Ammonsalze verflüchtigen sich leicht. Es können daher diese durch Glühen leicht von jenen getrennt werden. Die sicherste Erkennung des Ammons beruht auf seiner Austreibung durch Kalkhydrat. — Kalisalze können auf nassem Wege nur erkannt werden, wenn die Ammonsalze entfernt sind, weil beide zu Platinchlorid und Weinsteinsäure gleiches oder ähnliches Verhalten zeigen. Ist das Ammon entfernt, so ist das Kali durch die beiden genannten Reagentien bestimmt charakterisirt. Man beachte, dass die Reactionen nur in concentrirten Flüssigkeiten eintreten, und versäume daher nicht, verdünnte Lösungen erst stark einzuengen. Ein Tropfen einer concentrirten Lösung gibt ein entscheidendes Resultat, während man mit einer ganzen Masse einer verdünnten Flüssigkeit nicht zum Ziele kommt. — In den beiden schwer-

löslichen Verbindungen, die wir kennen gelernt haben, dem Kalium-Platinchlorid und dem sauren weinsteinsauren Kali, wird das Kali am einfachsten erkannt, wenn man die genannten Salze erst durch gelindes Glühen zerstört. Man erhält es dadurch aus der Platinverbindung als Chlorkalium, aus dem sauren weinsteinsauren Kali als kohlensaures Salz. — Zur directen Nachweisung des Kaliums in Jodkalium eignet sich Weinsteinsäure besser als Platinchlorid, da bei Zusatz des letzteren in Folge der Bildung einer tief dunkelrothen, Platinjodid, Platinjodür und freies Jod enthaltenden Flüssigkeit die Abscheidung des Kaliumplatinchlorids wesentlich beeinträchtigt wird. — Was das Natron betrifft, so lässt es sich auf nassem Wege mit antimonsaurem Kali mit voller Sicherheit nachweisen, wenn das Reagens richtig bereitet und frisch gelöst, die Natronsalzlösung concentrirt, neutral oder schwach alkalisch und frei von sonstigen Basen ist, und wenn man sich ein für alle Mal merkt, dass sich antimonsaures Natron stets krystallinisch und niemals flockig ausscheidet. Gilt es, auf diesem Wege sehr kleine Mengen von Natron neben viel Kali zu entdecken, so scheide man dieses erst durch Platinchlorid ab, entferne im Filtrat das Platin durch Schwefelwasserstoff (§. 127), filtrire, verdampfe zur Trockne, glühe gelinde, nehme mit ganz wenig Wasser auf und prüfe dann mit antimonsaurem Kali.

Ungleich leichter und rascher als auf nassem Wege, und auch mit weit grösserer Empfindlichkeit, lässt sich Kali und Natron durch die Flammenfärbung finden. Wir haben zwar gesehen, dass die Natronfärbung die Kalifärbung gänzlich verdeckt, selbst wenn nur eine kleine Menge Natronsalz bei viel Kalisalz sich befindet; nimmt man aber den Spectralapparat zu Hülfe, so erscheinen die Spectren beider so klar und schön, dass ein Irrthum nicht möglich ist. — Wem ein Spectralapparat nicht zu Gebote steht, der wird eine Kalifärbung auch in der durch Natron stark gelb gefärbten Flamme mittelst des Indigoprismas oder blauen Glases deutlich erkennen, die Natronfärbung aber wenn nöthig genauer prüfen, indem er in oben beschriebener Art Quecksilberjodid-Papier oder grünes Glas zu Hülfe nimmt.

Zur Nachweisung äusserst geringer Ammonmengen in wässerigen Lösungen, z. B. in natürlichen Gewässern, empfehlen sich Methoden, welche auf der Ausscheidung in Wasser unlöslicher Quecksilberverbindungen beruhen, in denen der Stickstoff oder dieser und ein Theil des Wasserstoffs vom Ammoniak enthalten ist.

a. Versetzt man Wasser, welches eine Spur freies oder kohlensaures Ammon enthält, mit einigen Tropfen Quecksilberchloridlösung, so entsteht, selbst bei grosser Verdünnung, ein weisser Niederschlag: NH_2Hg_2Cl, welchen man als Quecksilberchlorid-Quecksilberamid oder als Chlor-Dimerkurammonium betrachten kann ($2NH_3 + 2HgCl = NH_2Hg_2Cl + NH_4Cl$). Ist die Lösung ausserordentlich verdünnt, so entsteht keine Trübung, fügt man dann aber einige Tropfen einer Lösung von kohlensaurem Kali oder von kohlensaurem Natron zu, so bildet sich auch bei sehr weitgehen-

ler Verdünnung nach einigen Minuten noch eine Trübung oder ein Opalisiren. Dieselbe Reaction tritt ein, wenn Wasser, welches eine Spur eines neutral reagirenden Ammonsalzes enthält, mit einigen Tropfen Quecksilberchloridlösung und einigen Tropfen einer Lösung von kohlensaurem Kali oder Natron versetzt wird. Der bei Zusatz kohlensauren Alkalis sich ausscheidende Niederschlag besteht aus 1 Aeq. des erst erwähnten, verbunden mit 2 Aeq. Queksilberoxyd [$NH_3 + 4\,HgCl + 3\,KO, CO_2 = (NH_2Hg_2Cl + 2\,HgO) + HO + 3\,KCl + 3\,CO_2$]. Bei dem Zusatz von Quecksilberchlorid und kohlensaurem Natron ist zu beachten, dass die Mengen nicht so gross sein dürfen, um einen gelben Niederschlag von Quecksilberoxychlorid entstehen lassen zu können (Bohlig, Schöyen).

b. Fügt man zu einer kalihaltigen Auflösung von Kalium-Quecksilberjodid*) etwas einer Ammon oder ein Ammonsalz enthaltenden Flüssigkeit, so entsteht bei irgend grösseren Mengen ein röthlich brauner Niederschlag, bei äusserst geringen aber immer noch — wenn auch erst nach einigem Stehen — eine gelbe Färbung, bedingt durch Ausscheidung von Jod-Tetramerkurammonium ($NHg_4J, 2\,HO$). Die Reaction erfolgt nach der Gleichung $4\,(HgJ, KJ) + 3\,KO + NH_3 = (NHg_4J + 2\,HO) + 7\,KJ + HO$. Erwärmen begünstigt die Abscheidung des Niederschlages, Chloralkalimetalle und Salze der Alkalien mit Sauerstoffsäuren hindern die Reaction nicht, wohl aber Cyankalium und Schwefelkalium (J. Nessler).

§. 93.

Besondere Reactionen der seltener vorkommenden Glieder der ersten Gruppe.

1. **Cäsiumoxyd** oder **Cäsion** (CsO), und 2. **Rubidiumoxyd** oder **Rubidion** (RbO). Die Verbindungen des Cäsiums und Rubidiums kommen wie es scheint verbreitet, aber nur in sehr geringer Menge in der Natur vor. Man hat sie bis jetzt namentlich in den Mutterlaugen der Mineralwasser und in einigen Mineralien (Lepidolith, Melaphyr, Carnallit), das Cäsium in grösserer Menge im Pollux, das Rubidium in Spuren in Pflanzenaschen angetroffen. Die Cäsium- und Rubidiumverbindungen zeigen im Allgemeinen grosse Aehnlichkeit mit den Kaliumverbindungen, namentlich werden ihre concentrirten wässerigen Lösungen durch *Weinsteinsäure* und durch *Platinchlorid* gefällt, auch färben die in Glühhitze flüchtigen Verbindungen die nicht leuchtende *Flamme* violett. Als charakteristische Unterschiede sind hervorzuheben, dass die durch Platinchlorid entstehenden Niederschläge weit unlöslicher in Wasser sind als das Kaliumplatinchlorid; so lösen bei 10° C. 100 Grm. Wasser 900 Milligramm Kaliumplatinchlorid, aber nur 154 Rubidium- und gar nur 50 Cäsium-Platinchlorid, — dass die Alaune ebenfalls grosse Unterschiede in Betreff ihrer Lös-

*) Man bereitet dieselbe, indem man 2 Grm. Jodkalium in 5 CC. Wasser löst und unter Erwärmen Quecksilberjodid zusetzt, bis ein Theil ungelöst bleibt. Man verdünnt nach dem Erkalten mit 20 CC. Wasser, lässt eine Zeit lang stehen, filtrirt und versetzt 20 CC. des Filtrats mit 30 CC. concentrirter Kalilauge. Sollte die Flüssigkeit hierdurch trübe werden, so muss man sie nochmals filtriren.

lichkeit in kaltem Wasser zeigen; so lösen bei 17° C. 100 Thle. Wasser 13,5 Thle Kalialaun — 2,27 Thle. Rubidionalaun und 0,619 Thle. Cäsionalaun — und vor Allem, dass die durch Cäsium- und Rubidiumverbindungen gefärbten Flammen vom Kaliumspectrum ganz verschiedene *Spectra* liefern (Tafel I.). Beim Cäsiumspectrum sind besonders die beiden blauen Linien α und β charakteristisch, welche sich durch eine ausserordentliche Intensität und Schärfe der Begrenzung auszeichnen; nächst ihnen ist noch die weniger brauchbare Linie γ zu erwähnen. — Beim Rubidiumspectrum fallen vor Allem die prachtvollen indigoblauen Linien α und β von ausserordentlicher Intensität ins Auge; weniger intensiv, aber immer noch höchst charakteristisch zeigen sich die rothen Linien δ und γ. Sollen beide Alkalien neben einander spectralanalytisch entdeckt werden, so wähle man nicht die kohlensauren Salze, da in diesen das Rubidium-Spectrum neben dem Cäsium-Spectrum nicht immer deutlich hervortritt, sondern die Chlormetalle (Allen, Heintz). — Schliesslich muss noch erwähnt werden, dass das kohlensaure Cäsiumoxyd in absolutem Weingeist löslich, das kohlensaure Rubidiumoxyd darin unlöslich ist. Eine Trennung derselben auf diesem Wege gelingt jedoch nur schwierig, da beide ein in Alkohol nicht ganz unlösliches Doppelsalz zu bilden scheinen. — Besser gelingt eine Trennung der sauren weinsteinsauren Salze, da das Rubidion-Bitartrat sich in 8,5 Thln. siedendem Wasser und in 84,57 Thln. von 25° C., das Cäsion-Bitartrat aber in 1,02 Thln. siedendem Wasser und in 10,32 Thln. von 25° C. löst (Allen). (Kali-Bitartrat erfordert zur Lösung 15 Thle. siedendes Wasser und 89 Thle. von 25° C.)

3. **Lithion** (Li O). Das Lithion kommt verbreitet, aber nicht in grosser Menge in der Natur vor. Bei der Analyse von Mineralwassern und Pflanzenaschen begegnet man ihm häufig, bei der Analyse von Mineralien seltener, bei der Analyse technischer und pharmaceutischer Waaren selten. Das Lithion bildet den Uebergang von der ersten zur zweiten Gruppe. Es löst sich schwer in Wasser, wird an der Luft nicht feucht. Die Salze sind meist in Wasser löslich, zum Theil (Chlorlithium) zerfliesslich; — das kohlensaure Lithion ist, namentlich in kaltem Wasser, schwer löslich. *Phosphorsaures Natron* bewirkt in Lithionsalzlösungen, wenn diese nicht allzu verdünnt sind, beim Kochen einen weissen krystallinischen, sich rasch zu Boden setzenden Niederschlag von dreibasisch-phosphorsaurem Lithion ($3\,Li\,O, P\,O_5 + aq.$); weit empfindlicher ist diese für das Lithion charakteristische Reaction, wenn man die Lösung des Lithionsalzes, nach Zusatz von phosphorsaurem Natron und von soviel Natronlauge, dass die Reaction alkalisch bleibt, zur Trockne verdampft, den Rückstand mit Wasser aufweicht und ein gleiches Volum Ammonflüssigkeit zufügt; in welchem Falle selbst sehr kleine Lithionmengen als $3\,Li\,O, P\,O_5 + aq.$ abgeschieden werden. Der Niederschlag schmilzt vor dem Löthrohre, liefert mit Soda eine beim Schmelzen klare Perle, zieht sich, auf Kohle geschmolzen, in diese, löst sich in Salzsäure zu einer Flüssigkeit auf, welche, nach dem Verdünnen mit Ammon übersättigt, in der Kälte klar bleibt, beim Kochen aber einen schweren krystallinischen Niederschlag von $3\,Li\,O, P\,O_5 + aq.$ liefert (Unterschiede von phosphorsauren alkalischen Erden). — *Weinsteinsäure* und *Platinchlorid* fällen selbst concentrirte Lösungen der Lithionsalze nicht. Bringt man Lithionsalze in der beim Kali (§. 89. 5) beschriebenen Weise in die *Gas-* oder *Löthrohrflamme*, so färbt sich die Flamme carminroth. Lithionhaltige Silicate erfordern, um die Reaction hervorzurufen, Zusatz von Gyps, — phosphorsaures Lithion liefert die Flammenfärbung, wenn man die geschmolzene Perle mit Salzsäure befeuchtet. Die Lithionfärbung wird von der Natronfärbung verdeckt

und muss daher bei Anwesenheit desselben durch blaues Glas oder durch dünnere Schichten von Indigolösung betrachtet werden. Wenig Kali verdeckt die Lithionflamme nicht, neben viel Kali lässt sich Lithion entdecken, wenn man die Probe in den Schmelzraum bringt und die Flamme mit einer im gegenüberliegenden Schmelzraum erzeugten reinen Kaliflamme durch das Indigoprisma (§. 17) vergleichend beobachtet. Durch die dünneren Schichten erscheint dann die lithionhaltige Flamme röther als die reine Kaliflamme, bei etwas dickeren Schichten werden die Flammen endlich gleich roth, wenn das Verhältniss des Lithions zum Kali sehr gering ist; herrscht Lithion in der Probe vor, so nimmt die Intensität der roth gewordenen lithionhaltigen Flamme bei dickeren Schichten merklich ab, während die reine Kaliflamme dadurch fast nicht geschwächt wird. Auf diese Weise lassen sich in Kalisalzen noch einige Tausendtel Lithion entdecken. Natron, wenn es nicht in allzugrosser Menge vorhanden ist, ändert diese Vorgänge nur wenig (Cartmell, Bunsen).

Ganz ausgezeichnet schön ist das *Lithiumspectrum* (Tafel I.) charakterisirt durch die prächtig carminrothe Linie α und die orangegelbe, sehr schwache Linie β. Die Flamme eines Bunsen'schen Gasbrenners liefert nur diese Linien; bringt man aber Chlorlithium in die höhere Temperatur einer Wasserstoffflamme, so tritt noch eine matte blaue Linie auf, welche bei Anwendung von Knallgas intensiv wird. Ihre Lage fällt fast zusammen mit der schwächsten von den beiden blauen Cäsiumlinien (Tyndall, Frankland). — Uebergiesst man Chlorlithium mit Weingeist und entzündet diesen, so färbt sich auch diese Flamme carminroth. Natronsalze verdecken die Reaction.

Um kleine Mengen Cäsion, Rubidion und Lithion neben sehr grossen Mengen Natron oder Kali zu finden, zieht man die trocknen Chlormetalle unter Zusatz einiger Tropfen Salzsäure mit Alkohol von 90 Proc. aus, wobei bei weitem der grösste Theil des Chlornatriums und Chlorkaliums zurückbleibt. Die Lösung verdampft man zur Trockne, nimmt den Rückstand mit ganz wenig Wasser auf und fällt mit Platinchlorid. Der Niederschlag wird abfiltrirt, wiederholt mit kleinen Mengen Wasser ausgekocht, um beigemengtes Kaliumplatinchlorid zu entfernen, und zwischendurch im Spectralapparat geprüft. Das Kaliumspectrum tritt alsdann mehr und mehr zurück, während die Spectren des Rubidiums und Cäsiums, wenn diese Metalle zugegen sind, sichtbar werden. — Die von dem Platinniederschlage abfiltrirte Flüssigkeit verdampft man zur Trockne, glüht den Rückstand gelinde im Wasserstoffstrom, um das Natriumplatinchlorid und das überschüssige Platinchlorid zu zersetzen, befeuchtet ihn mit Salzsäure, verdampft diese und zieht endlich das Chlorlithium mit einer Mischung von absolutem Alkohol und Aether aus. Beim Verdunsten dieser Lösung bleibt das Chlorlithium fast rein zurück und kann weiter geprüft werden. Bevor man aus der einfachen Flammenfärbung einen Schluss auf Lithion zieht, überzeuge man sich, um Irrthümern vorzubeugen, durch Prüfung einer Probe des in Wasser gelösten Rückstandes mit Schwefelsäure und Alkohol, dass Strontian und Kalk nicht zugegen sind. — Der mehrmals vorgeschriebene Zusatz von Salzsäure, bevor man das Chlorlithium mit Weingeist auszieht, ist deshalb nöthig, weil Chlorlithium schon bei mässigem Glühen durch Einwirkung von Wasserdampf in Aetzlithion übergeht, welches dann Kohlensäure anzieht und in Alkohol unlösliches kohlensaures Lithion liefert.

§. 94.

Zweite Gruppe.

Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia.

Eigenschaften der Gruppe. Die alkalischen Erden sind im reinen (kaustischen) Zustande in Wasser löslich (die Magnesia freilich sehr schwer löslich). Diese Lösungen zeigen alkalische Reaction (die alkalische Reaction der Magnesia ist dann am deutlichsten wahrnehmbar, wenn sie auf befeuchtetes Reagenspapier gelegt wird). Die neutralen kohlensauren und phosphorsauren Verbindungen der alkalischen Erden sind in Wasser unlöslich. — Es werden daher die Lösungen der alkalisch erdigen Salze durch kohlensaure und phosphorsaure Alkalien niedergeschlagen. Dieses Verhalten unterscheidet die Oxyde der zweiten Gruppe von denen der ersten. Von den Oxyden der folgenden Gruppen aber unterscheiden sie sich dadurch, dass ihre Lösungen weder durch Schwefelwasserstoff noch durch Schwefelammonium gefällt werden. — Die alkalischen Erden und ihre Salze sind weiss oder farblos, in mässiger Glühhitze nicht flüchtig; die Lösungen ihrer salpetersauren Salze oder Chlormetalle werden durch kohlensauren Baryt nicht gefällt.

Besondere Reactionen.

§. 95.

a. **Baryt** (BaO).

1. Der Baryt ist in heissem Wasser ziemlich leicht, in kaltem etwas schwer löslich, von verdünnter Salz- oder Salpetersäure wird er leicht aufgenommen. Das Barythydrat schmilzt in Rothglühhitze, ohne sein Wasser abzugeben.

2. Die Barytsalze sind meist in Wasser unlöslich. Die löslichen verändern Pflanzenfarben nicht; sie werden, mit Ausnahme des Chlorbaryums, Brombaryums und Jodbaryums, beim Glühen in einer Glasröhre zerlegt. Die unlöslichen werden, mit Ausnahme des schwefelsauren Baryts und Kieselfluorbaryums, von verdünnter Salzsäure aufgenommen. — Salpetersaurer Baryt und Chlorbaryum sind unlöslich in Alkohol, zerfliessen nicht an der Luft. Concentrirtere Barytlösungen werden durch Zusatz von viel Salzsäure oder Salpetersäure gefällt, weil Chlorbaryum und salpetersaurer Baryt in den wässerigen Lösungen der genannten Säuren nicht löslich sind.

3. *Ammon* bewirkt in den wässerigen Lösungen der Barytsalze keine Fällung, *Kali* oder *Natron* (kohlensäurefreies) fällt nur dann, wenn die Barytsalzlösungen sehr concentrirt sind. Wasser löst den entstandenen voluminösen Niederschlag (Barytkrystalle, BaO,HO + 8aq.) wieder auf.

4. *Kohlensaure Alkalien* fällen aus Barytlösungen kohlensauren Baryt (BaO, CO_2) in Gestalt eines weissen Niederschlages. Wenn die Flüssigkeit sauer war, tritt erst beim Erwärmen vollständige Fällung ein. Chlorammonium löst den Niederschlag in geringer, doch aber deutlich wahrnehmbarer Menge; daher entsteht in stark verdünnten, viel Chlorammonium enthaltenden Lösungen durch kohlensaures Ammon kein Niederschlag.

5. *Schwefelsäure* und die löslichen *schwefelsauren Salze*, namentlich auch *Gypslösung*, bewirken selbst in sehr verdünnten Barytlösungen einen schweren, feinpulverigen, weissen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt (BaO, SO_3), der in Alkalien unlöslich, in verdünnten Säuren kaum irgend, in kochender concentrirter Salzsäure und Salpetersäure jedoch, sowie in concentrirten Lösungen von Ammonsalzen merklich löslich ist, in letzteren jedoch nur dann, wenn überschüssige Schwefelsäure oder schwefelsaure Salze nicht vorhanden. — In der Regel entsteht der Niederschlag auf der Stelle. Nur in sehr verdünnten Auflösungen, namentlich stark sauren, entsteht er erst nach einiger Zeit.

6. *Kieselfluorwasserstoffsäure* fällt aus Barytlösungen Kieselfluorbaryum ($BaFl, SiFl_2$) in Gestalt eines farblosen, krystallinischen, schnell zu Boden sinkenden Niederschlages. In verdünnten Auflösungen entsteht er erst nach einiger Zeit, Salzsäure und Salpetersäure lösen ihn merklich auf. Bei Zusatz eines gleichen Volumens Alkohol erfolgt die Fällung rasch und so vollständig, dass das Filtrat bei Zusatz von Schwefelsäure klar bleibt.

7. *Phosphorsaures Natron* bewirkt in neutralen oder alkalischen Lösungen einen weissen, in freien Säuren löslichen Niederschlag von phosphorsaurem Baryt ($2\,BaO, HO, PO_5$). Zusatz von Ammon vermehrt die Menge des Niederschlages nur wenig, ein Theil desselben geht dabei in basisch phosphorsauren Baryt ($3\,BaO, PO_5$) über. Chlorammonium löst den Niederschlag in deutlich wahrnehmbarer Menge.

8. *Oxalsaures Ammon* bewirkt in mässig verdünnten Barytlösungen einen weissen, pulverigen, in Salz- und Salpetersäure löslichen Niederschlag von oxalsaurem Baryt ($2\,BaO, C_4O_6 + 2$ aq.). — Frisch gefällt löst sich derselbe auch in Oxal- und Essigsäure. Diese Lösungen lassen aber bald sauren oxalsauren Baryt ($BaO, HO, C_4O_6 + 2$ aq.) in Gestalt eines krystallinischen Pulvers fallen.

9. *Chromsaures Kali*, gelbes wie rothes, erzeugt in Barytsalzlösungen bis zu sehr bedeutender Verdünnung einen hellgelben Niederschlag von chromsaurem Baryt (BaO, CrO_3). Derselbe löst sich leicht in Salzsäure oder Salpetersäure; Ammon schlägt ihn aus der rothgelben Lösung wieder nieder.

10. Lösliche zerriebene Barytsalze ertheilen, mit verdünntem *Weingeist* erhitzt, der Flamme desselben eine grünlich gelbe Farbe.

11. Bringt man Barytsalze am Platindraht in den Schmelzraum der Bunsen'schen *Gasflamme* oder auch in die innere Weingeist-*Löthrohr-*

flamme, so färbt sich der Theil über, beziehungsweise vor der Flamme gelbgrün. Die löslichen Barytsalze, ferner kohlensaurer und schwefelsaurer Baryt zeigen die Reaction sofort oder bald, phosphorsaurer Baryt erst nach dem Befeuchten der Probe mit Schwefelsäure oder Salzsäure. Auf letztere Weise lässt sich der Baryt auch in durch Säuren zersetzbaren Silicaten finden; durch Salzsäure unzersetzbare Silicate dagegen müssen mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen werden. Der dabei erhaltene kohlensaure Baryt liefert dann die Reaction. Charakteristisch für die gelbgrüne Barytfärbung der Flamme ist, dass sie durch das grüne Glas blaugrün erscheint. Kalk und Strontian heben, wenn man die schwefelsauren Salze zur Prüfung verwendet, die Barytreaction nicht auf. — Das *Barytspectrum* ist Tafel I. dargestellt. Die grünen Linien α und β sind die intensivsten, weniger hervortretend, aber doch noch charakteristisch, ist γ. — Da baryumhaltiger Platindraht im Handel vorkommt (Kraut), so gebietet es die Vorsicht, zunächst zu prüfen, ob nicht etwa der Platindraht allein schon ein Baryumspectrum liefert.

12. Durch kalte Lösungen von *doppelt-kohlensauren Alkalien* oder von *kohlensaurem Ammon* wird schwefelsaurer Baryt nicht, oder richtiger kaum merklich, zerlegt, ebenso verhält er sich zu einer kochenden Lösung von 1 *Thl. kohlensaurem* und 3 *Thln. schwefelsaurem Kali.* Kochende Lösungen einfach-kohlensaurer Alkalien zerlegen ihn bei wiederholter Einwirkung endlich vollständig, beim Schmelzen mit kohlensauren Alkalien zersetzt er sich leicht; es bildet sich in Wasser lösliches schwefelsaures Alkali und in Wasser unlöslicher kohlensaurer Baryt.

§. 96.

b. Strontian (SrO).

1. Der Strontian, sein Hydrat und seine Salze kommen in ihren allgemeinen Eigenschaften mit den entsprechenden Barytverbindungen fast völlig überein. — Das Strontianhydrat ist in Wasser schwerer löslich als das Barythydrat. — Chlorstrontium löst sich in wasserfreiem Alkohol, an feuchter Luft zerfliesst es. Salpetersaurer Strontian ist in absolutem Alkohol unlöslich, an der Luft nicht zerfliesslich.

2. Zu *Ammon*, *Kali* und *Natron*, wie auch zu den *kohlensauren Alkalien* und dem *phosphorsauren Natron* zeigen die Strontiansalze fast ganz dasselbe Verhalten wie die Barytsalze. — Kohlensaurer Strontian löst sich schwerer in Chlorammonium als kohlensaurer Baryt.

3. *Schwefelsäure* und *schwefelsaure Salze* fällen aus Strontianlösungen schwefelsauren Strontian (SrO, SO_3) in Gestalt eines weissen Niederschlages. Derselbe ist, durch verdünnte Schwefelsäure aus concentrirten Lösungen gefällt, anfangs amorph-flockig, später pulverig krystallinisch; — durch verdünnte Schwefelsäure aus verdünnten Lösungen gefällt oder durch die Lösungen schwefelsaurer Salze erzeugt, ist er so-

gleich pulverig krystallinisch. Erhitzen beschleunigt die Fällung sehr. Der schwefelsaure Strontian ist in Wasser weit löslicher als die entsprechende Barytverbindung, daher entsteht der Niederschlag in verdünnteren Lösungen erst nach einiger Zeit; er entsteht jedenfalls (auch in concentrirten Lösungen) erst nach einiger Zeit, wenn man zur Fällung *Gypssolution* anwendet. In Weingeist ist der schwefelsaure Strontian unlöslich, daher befördert Alkoholzusatz die Ausscheidung desselben. In Salzsäure und Salpetersäure löst er sich in merklicher Menge. Die Anwesenheit grösserer Mengen dieser Säuren beeinträchtigt daher die Empfindlichkeit der Reaction ausserordentlich. Die salzsaure Lösung des schwefelsauren Strontians wird, nach dem Verdünnen mit Wasser, durch Chlorbaryum getrübt. In einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammon löst sich der schwefelsaure Strontian auch beim Kochen nicht.

4. *Kieselfluorwasserstoffsäure* bewirkt selbst in concentrirten Strontianlösungen keinen Niederschlag; auch bei Zusatz eines gleichen Volumens Alkohol scheidet sich nichts ab, wenn die Lösung nicht allzu concentrirt ist.

5. *Oxalsaures Ammon* schlägt auch aus ziemlich verdünnten Lösungen oxalsauren Strontian ($2\,SrO, C_4O_6 + 5$ aq.) als weisses, in Salzsäure und Salpetersäure leicht, in Ammonsalzen merklich, in Oxalsäure und Essigsäure dagegen nur wenig lösliches Pulver nieder.

6. *Saures chromsaures Kali* fällt Strontiansalzlösungen, selbst concentrirte, nicht, — auch *neutrales chromsaures Kali* bewirkt anfangs keinen Niederschlag; bei längerem Stehen aber scheidet sich bei nicht allzu grosser Verdünnung hellgelber chromsaurer Strontian krystallinisch aus. Derselbe löst sich wenig in Wasser, leicht aber in Salzsäure, Salpetersäure und Chromsäure.

7. Werden in Wasser oder Alkohol lösliche Strontiansalze mit wässerigem *Weingeist* erhitzt und dieser angezündet, so ertheilen sie der Flamme, besonders beim Umrühren, eine sehr intensive carminrothe Färbung.

8. Bringt man ein Strontiansalz in den Schmelzraum der Bunsen'schen *Gasflamme* oder auch in die innere *Weingeistlöthrohrflamme*, so färbt sich die Flamme intensiv roth. Chlorstrontium zeigt die Reaction am deutlichsten, Strontian und kohlensaurer Strontian weniger deutlich, schwefelsaurer Strontian noch schwächer, die Verbindungen mit feuerbeständigen Säuren nicht oder fast nicht. Man bringt daher die Probe zunächst für sich, dann nach dem Befeuchten mit Salzsäure, in die Flamme. Ist schwefelsaurer Strontian zu vermuthen, so setzt man die Probe kurze Zeit der reducirenden Flamme aus (um Schwefelstrontium zu erzeugen), bevor man sie mit Salzsäure befeuchtet. — Durch das *blaue Glas* betrachtet, erscheint die Strontianflamme — am deutlichsten, wenn man die mit Salzsäure befeuchtete Probe in der Flamme verspritzen lässt — purpurfarben bis rosa (Unterschied von Kalk, der hierbei ein schwaches Grüngrau zeigt). Bei Gegenwart von Baryt tritt die Strontianreaction nur

beim ersten Einbringen der mit Salzsäure befeuchteten Probe in die Flamme ein. — Das *Strontiumspectrum* ist auf Tafel I. dargestellt. Es enthält viele charakteristische Linien, namentlich die Orangelinie α, die rothen Linien β und γ und die blaue δ. Letztere ist besonders geeignet, Strontian neben Baryt und Kalk zu entdecken.

9. Schwefelsaurer Strontian wird schon bei längerer Digestion mit Lösungen von *kohlensaurem Ammon* oder von *doppelt-kohlensaurem Kali* oder *Natron* vollständig zerlegt, ebenso, und zwar ungleich rascher, beim Kochen mit einer Lösung von 1 *Thl. kohlensaurem* und 3 *Thln. schwefelsaurem Kali* (wesentlicher Unterschied von schwefelsaurem Baryt).

§. 97.

c. Kalk (CaO).

1. Der Kalk, sein Hydrat und seine Salze zeigen in den allgemeinen Eigenschaften Aehnlichkeit mit den entsprechenden Baryt- und Strontianverbindungen. Das Kalkhydrat ist in Wasser weit schwerer löslich als das Baryt- und Strontianhydrat, in heissem Wasser löst es sich weniger als in kaltem. — Das Kalkhydrat verliert beim Glühen sein Wasser. Chlorcalcium und salpetersaurer Kalk sind in absolutem Alkohol löslich, an der Luft zerfliesslich.

2. *Ammon*, *Kali*, *kohlensaure Alkalien* und *phosphorsaures Natron* zeigen gegen Kalksalze fast dasselbe Verhalten wie gegen Barytsalze. Frisch gefällter kohlensaurer Kalk (CaO, CO_2) ist voluminös, amorph, — nach einiger Zeit, sogleich beim Erhitzen, sinkt er zusammen und wird krystallinisch. Der frisch gefällte löst sich in Salmiaklösung ziemlich leicht, die Lösung trübt sich aber bald und setzt den grössten Theil des gelösten Salzes krystallinisch ab.

3. *Schwefelsäure* und *schwefelsaures Natron* bewirken in ganz concentrirten Kalklösungen sogleich weisse Niederschläge von schwefelsaurem Kalk ($CaO, SO_3, HO + aq.$), welche von viel Wasser vollständig aufgenommen werden und in Säuren noch weit löslicher sind als in Wasser. In einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammon löst sich der schwefelsaure Kalk beim Kochen leicht. In weniger concentrirten Kalklösungen entstehen die Niederschläge erst nach längerem Stehen, verdünntere werden nicht gefällt. Gypslösung kann natürlicher Weise keinen Niederschlag bewirken, aber auch eine mit 3 Theilen Wasser vermischte, kalt gesättigte Lösung von schwefelsaurem Kali bringt in Kalklösungen erst nach 12 oder 24 Stunden einen Niederschlag hervor. Sind Kalklösungen so verdünnt, dass Schwefelsäure allein keine Fällung bewirkt, so entsteht sie sogleich, oder, bei sehr verdünnten Lösungen, wenigstens nach einiger Zeit, wenn der Lösung das gleiche oder besser noch das doppelte Volumen Alkohol hinzugesetzt wird.

4. *Kieselfluorwasserstoffsäure* fällt Kalksalze nicht, auch nicht, wenn ein gleiches Volumen Alkohol zugefügt wird.

5. *Oxalsaures Ammon* bewirkt in Kalklösungen einen weissen pulverigen Niederschlag von oxalsaurem Kalk. Sind die Flüssigkeiten irgend concentrirt oder heiss, so entsteht der Niederschlag ($2\,CaO, C_4O_6 + 2$ aq.) sofort, sind sie dagegen sehr verdünnt und kalt, so bildet er sich erst nach einiger Zeit, ist alsdann deutlicher krystallinisch und besteht aus einem Gemenge des obigen Salzes mit $2\,CaO, C_4O_6 + 6$ aq. — Der oxalsaure Kalk löst sich leicht in Salz- und Salpetersäure, nicht merklich aber in Essigsäure und Oxalsäure.

6. *Chromsaures Kali*, rothes wie gelbes, fällt Kalksalzlösungen nicht.

7. Lösliche Kalksalze ertheilen, mit wässerigem *Weingeist* erhitzt, der Flamme eine gelbrothe Farbe, welche mit der durch Strontian gefärbten verwechselt werden kann.

8. Kalksalze, in den Schmelzraum der Bunsen'schen *Gasflamme* oder auch in die innere *Weingeistlöthrohrflamme* gebracht, färben dieselbe gelbroth. Chlorcalcium zeigt die Reaction am deutlichsten, schwefelsaurer Kalk erst, nachdem er angefangen hat sich zu zersetzen, auch kohlensaurer am deutlichsten, nachdem die Kohlensäure entwichen ist. Verbindungen mit feuerbeständigen Säuren färben die Flamme nicht, wohl aber, sofern sie durch Salzsäure zerlegt werden, nach dem Befeuchten damit. Um ihr mehr Einwirkung zu gestatten, schlägt man das Oehr des Platindrahtes platt, bringt ein wenig der Kalkverbindung darauf, lässt fritten, fügt einen Tropfen Salzsäure zu, der im Oehr hängen bleibt, und schiebt dann in den Schmelzraum. In dem Augenblick, in welchem der wie beim Leidenfrost'schen Phänomen ohne Sieden verdampfende Tropfen verschwindet, tritt die Reaction am deutlichsten ein (Bunsen). Die Kalkfärbung der Flamme erscheint, wenn man die mit Salzsäure befeuchtete Probe verspritzen lässt, durch das *grüne Glas* zeisiggrün, Unterschied von Strontian, der unter gleichen Umständen ein verschwindend schwaches Gelb liefert (Merz). Bei Gegenwart von Baryt tritt die Reaction nur dann ein, wenn man die mit Salzsäure befeuchtete Probe eben in die Flamme bringt. — Das *Kalkspectrum* zeigt Tafel I. Charakteristisch ist namentlich die intensiv grüne Linie β, ferner die intensive Orangelinie α, — nur bei sehr guten Apparaten sichtbar, weil weit weniger lichtstark, ist die indigblaue Linie, rechts von G im Sonnenspectrum.

9. Zu einfach- und zu doppelt-kohlensauren Alkalien sowie zu einer Lösung von kohlensaurem und schwefelsaurem Kali verhält sich der schwefelsaure Kalk wie der schwefelsaure Strontian.

§. 98.

d. Magnesia (Bittererde) (MgO).

1. Das *Magnesium* ist silberweiss, hart, geschmeidig, von 1,74 specif. Gewicht; es schmilzt in mässiger Rothglühhitze und verflüchtigt sich in Weissglühhitze. An der Luft zum Glühen erhitzt, verbrennt es mit blendend weisser Flamme zu Magnesia. In trockner Luft behält es seinen

Glanz, in feuchter überzieht es sich nach und nach mit Magnesiahydrat. Reines Wasser wird bei gewöhnlicher Temperatur durch Magnesium nicht zerlegt, in mit Salzsäure oder Schwefelsäure angesäuertem aber löst sich das Magnesium unter Wasserstoffentwickelung leicht und rasch.

2. Die Magnesia und ihr Hydrat sind weisse, weit voluminösere Pulver als die entsprechenden Verbindungen der anderen alkalischen Erden. Sie lösen sich in kaltem wie heissem Wasser kaum. Das Magnesiahydrat verliert beim Glühen sein Wasser.

3. Die Magnesiasalze sind in Wasser theils löslich, theils unlöslich. Die löslichen schmecken ekelhaft bitter, verändern im neutralen Zustande Pflanzenfarben nicht und werden, mit Ausnahme der schwefelsauren Magnesia, beim gelinden Glühen, meist sogar schon beim Abdampfen ihrer Lösungen, zerlegt. In starker Weissglühhitze verliert auch die schwefelsaure Magnesia ihre Säure. Die unlöslichen Magnesiasalze werden fast sämmtlich von Salzsäure leicht aufgenommen.

4. *Ammon* fällt aus den Lösungen neutraler Magnesiasalze einen Theil der Magnesia als Magnesiahydrat (MgO, HO) in Gestalt eines weissen voluminösen Niederschlages. Der andere Theil der Magnesia bleibt, mit dem bei der Zersetzung entstandenen Ammonsalze zu einem durch einen geringen Ammonüberschuss nicht zerlegbaren Doppelsalze verbunden, in Auflösung. Diese Neigung der Magnesiasalze, mit Ammonverbindungen solche Doppelsalze zu bilden, bedingt es, dass bei Gegenwart einer genügenden Menge eines neutral reagirenden Ammonsalzes Magnesiasalze durch Ammon nicht gefällt werden, oder, was dasselbe ist, dass Ammon in Magnesialösungen, welche eine hinlängliche Menge freier Säure enthalten, keinen Niederschlag erzeugt, und dass eine durch Ammon in neutraler Lösung erzeugte Fällung durch Zusatz von Chlorammonium wieder verschwindet. Man beachte, dass Lösungen, welche auf 1 Aeq. Magnesiasalz nur 1 Aeq. Ammonsalz (NH_4O, SO_3 oder NH_4Cl) enthalten, zwar bei Zusatz von wenig überschüssigem Ammon klar bleiben, dass aber bei Zusatz von viel überschüssigem Ammon ein Theil der Magnesia gefällt wird.

5. *Kali*, *Natron*, *Aetzbaryt* und *Aetzkalk* fällen aus Magnesialösungen Magnesiahydrat. Seine Ausscheidung wird durch Aufkochen sehr begünstigt. Chlorammonium und ähnliche Ammonsalze lösen das gefällte Hydrat nach dem Auswaschen wieder auf. Werden sie der Magnesialösung vor dem Zusatz des Fällungsmittels in genügender Menge zugemischt, so entsteht durch wenig Alkali gar kein Niederschlag. Wird aber die Lösung alsdann mit Kaliüberschuss gekocht, so muss er natürlich zum Vorschein kommen, weil ja dadurch die Bedingung seines Gelöstbleibens, das Ammonsalz, zersetzt und entfernt wird. — Man beachte, dass Magnesiahydrat auch in den Lösungen von Chlorkalium, Chlornatrium, schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron löslicher ist als in Wasser und dass in Folge dessen seine Ausfällung weniger vollständig erfolgt, wenn jene Salze in grösserer Menge vorhanden sind oder sich bilden. — Aus

solchen Lösungen wird jedoch die Magnesia durch einen Ueberschuss von Kali- oder Natronlauge zum grösseren Theil ausgefällt.

6. *Kohlensaures Kali* oder *kohlensaures Natron* bewirken in neutralen Magnesialösungen einen weissen Niederschlag von basisch kohlensaurer Magnesia, 4 (MgO, CO_2) + MgO, HO + 10 aq. Der fünfte Theil der Kohlensäure des zersetzten kohlensauren Alkalis erhält einen Theil der kohlensauren Magnesia als doppelt-kohlensaures Salz in Lösung. Durch Kochen wird diese Kohlensäure ausgetrieben und ein weiterer Niederschlag (MgO, CO_2 + 3 aq.) erzeugt. Erhitzen der Flüssigkeit beschleunigt daher die Ausscheidung und vermehrt die Menge des Niederschlages. Chlorammonium und ähnliche Ammonsalze können, wenn sie in genügender Menge vorhanden, auch diese Fällung verhindern und lösen den Niederschlag, wenn er ausgewaschen worden, leicht auf.

7. Versetzt man Magnesialösung mit *kohlensaurem Ammon*, so bleibt die Flüssigkeit anfangs stets klar. Beim Stehen aber scheidet sich, wenn die Lösungen concentrirt sind, rascher, — wenn sie verdünnter sind, langsamer, ein krystallinischer Niederschlag aus, welcher bei geringerem Zusatz von kohlensaurem Ammon kohlensaure Magnesia (MgO, CO_2 + 3 aq.), bei grösserem kohlensaure Ammon-Magnesia ($NH_4O, CO_2 + MgO, CO_2$ + 4 aq.) ist. Nur wenn die Lösungen stärker verdünnt sind, bildet sich kein Niederschlag. Zusatz von Ammon wie auch von überschüssigem kohlensaurem Ammon begünstigt die Ausscheidung sehr. Salmiak wirkt ihr entgegen, kann aber bei grösserer Concentration der Lösungen die Bildung des Niederschlages nicht verhindern.

8. *Phosphorsaures Natron* schlägt aus Magnesialösungen, wenn sie nicht zu verdünnt sind, phosphorsaure Magnesia (2 MgO, HO, PO_5 + 14 aq.) als weisses Pulver nieder. Beim Kochen scheidet sich basisch phosphorsaure Magnesia (3 MgO, PO_5 + 7 aq.) ab und zwar auch dann, wenn die Lösungen ziemlich verdünnt sind. — Setzt man aber der Magnesialösung vor dem Zusatz des phosphorsauren Natrons *Salmiak* und *Ammon* zu, so entsteht, auch wenn dieselbe sehr verdünnt ist, ein weisser, krystallinischer Niederschlag von basisch phosphorsaurer Ammon-Magnesia ($2MgO, NH_4O, PO_5$ + 12 aq.). Seine Abscheidung aus verdünnten Flüssigkeiten wird durch Umrühren derselben mit einem Glasstabe beschleunigt. Ist die Verdünnung so gross, dass kein Niederschlag mehr entsteht, so werden doch nach einiger Zeit die Bahnen, die man an der Wandung des Gefässes beim Umrühren genommen hat, als weisse (durch Salzsäure verschwindende) Striche sichtbar. Wasser und Ammonsalzsolutionen lösen den Niederschlag kaum, — Säuren aber, selbst Essigsäure, leicht auf. In ammonhaltigem Wasser ist er so gut wie unlöslich.

9. *Oxalsaures Ammon* bewirkt in stark verdünnten Lösungen keinen Niederschlag, in weniger verdünnten entsteht zwar anfangs kein Niederschlag, nach längerem Stehen aber bilden sich Krystallrinden von verschiedenen Ammon-Magnesia-Oxalaten. In ganz concentrirten Magnesialösungen erzeugt oxalsaures Ammon sehr bald Niederschläge von oxal-

saurer Magnesia ($2\,Mg\,O, C_4\,O_6 + 4$ aq.), welche geringe Mengen der oben genannten Doppelsalze enthalten. — Salmiak, mehr noch Salmiak und freies Ammon, wirken der Entstehung dieser Niederschläge entgegen, verhindern sie aber in der Regel nicht ganz.

10. *Schwefelsäure*, *Kieselfluorwasserstoffsäure* und *chromsaures Kali* fällen die Lösungen der Magnesiasalze nicht.

11. Magnesiasalze bewirken keine Flammenfärbung.

---

§. 99.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die Schwerlöslichkeit des Magnesiahydrats, die Leichtlöslichkeit der schwefelsauren Magnesia (wenn dieselbe nicht als Kieserit, d. h. als wasserfreie, oder mit 1 Aeq. Wasser verbundene, natürlich vorkommende schwefelsaure Magnesia vorhanden) und die Neigung der Magnesiasalze mit Ammonverbindungen Doppelsalze zu bilden, sind die drei Hauptpunkte, in denen sich die Magnesia von den anderen alkalischen Erden unterscheidet. Um dieselbe in allen alkalische Erden enthaltenden Lösungen zu erkennen, entfernen wir immer zuerst die Baryt-, Strontian- und Kalkerde, im Falle sie zugegen sind. Es geschieht dies am bequemsten (weil man die genannten Basen dabei in einer für die weitere Untersuchung geeigneten Verbindungsform erhält) durch kohlensaures Ammon unter Zusatz von etwas Ammon und von Chlorammonium und unter gelindem Erwärmen. Sind die Lösungen einigermaassen verdünnt und filtrirt man bald ab, so erhält man kohlensauren Baryt, Strontian und Kalk auf dem Filter, während die Magnesia vollständig gelöst bleibt und in das Filtrat übergeht. Da aber Chlorammonium etwas kohlensauren Baryt und, wenngleich in weit geringerem Grade, Kalk löst, so finden sich geringe Mengen dieser Basen im Filtrate, ja — wenn überhaupt nur Spuren zugegen waren — können diese gänzlich gelöst geblieben sein. Bei genauen Untersuchungen theile man daher das Filtrat in drei Theile, versetze den einen zur Entdeckung der gelösten Spur Baryt mit wenigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure, den zweiten mit oxalsaurem Ammon, um auch die geringe Menge des in die Lösung übergegangenen Kalks nicht zu übersehen. Veranlassen beide Reagentien — auch nach einiger Zeit — keine Trübung, so prüfe man den dritten Theil mit phosphorsaurem Natron auf Magnesia. Entsteht dagegen durch eines der Reagentien eine Trübung, so filtrire man den allmählich sich absetzenden Niederschlag ab, bevor man auf Magnesia prüft, — und entstehen Niederschläge durch beide Reagentien, so vermische man die beiden ersten Proben, filtrire nach einiger Zeit und prüfe das Filtrat. — Dass ein durch oxalsaures Ammon entstandener Niederschlag wirklich oxalsaurer Kalk und nicht etwa oxalsaure Ammonmagnesia ist, lässt sich prüfen, indem man ihn in etwas Salzsäure löst, verdünnte Schwefelsäure und dann Weingeist zusetzt.

Um in dem durch kohlensaures Ammon entstandenen Niederschlag Baryt, Strontian und Kalk nachzuweisen, löse man denselben in etwas verdünnter Salzsäure. Versetzt man eine kleine Probe dieser Lösung mit Gypssolution, so lässt der sogleich entstehende Niederschlag den Baryt sofort erkennen. Dampft man den Rest der salzsauren Lösung auf dem Wasserbade zur Trockne ein und behandelt den Rückstand mit absolutem Alkohol, so bleibt das Chlorbaryum grösstentheils zurück, während sich Chlorstrontium und Chlorcalcium lösen. Vermischt man die alkoholische Lösung mit dem gleichen Volum Wasser und einigen Tropfen Kieselfluorwasserstoffsäure, so schlägt sich, wenn man einige Stunden Zeit gönnt, auch der letzte Rest von Baryt als Kieselfluorbaryum nieder. Das weingeistige Filtrat versetzt man mit Schwefelsäure. Strontian und Kalk werden hierdurch ausgefällt. Man filtrirt den Niederschlag ab, wäscht ihn mit schwachem Weingeist aus und kocht die schwefelsauren Salze mit einer nicht zu geringen Menge einer concentrirten Auflösung von schwefelsaurem Ammon unter Erneuerung des verdampfenden Wassers und unter Zusatz von etwas Ammon, so dass die Flüssigkeit schwach alkalisch bleibt, einige Zeit hindurch. Es bleibt alsdann der schwefelsaure Strontian ungelöst, während der schwefelsaure Kalk sich löst. Nachdem man die Lösung stark verdünnt hat, fällt man daraus den Kalk durch oxalsaures Ammon. — Statt dieses Verfahrens kann man das Gemenge von schwefelsaurem Strontian und schwefelsaurem Kalk auch mit einer Lösung von kohlensaurem Natron kochen. Hierdurch gehen die Sulfate in kohlensaure Verbindungen über. Löst man diese nach dem Auswaschen in wenig Salpetersäure, verdampft die Lösung zur Trockne, zerreibt den Rückstand und digerirt ihn längere Zeit mit absolutem Alkohol unter Zusatz von Aether, so löst sich unter Zurücklassung des salpetersauren Strontians der salpetersaure Kalk. Jener lässt sich alsdann leicht weiter untersuchen, indem man seine concentrirte wässerige Lösung mit Gypslösung prüft, während man aus der alkoholischen Lösung des salpetersauren Kalks den Kalk mit verdünnter Schwefelsäure ausfällen kann. Der gefällte schwefelsaure Kalk muss, mit Wasser behandelt, eine Lösung liefern, welche durch oxalsaures Ammon sogleich relativ stark gefällt wird. — Um die alkalischen Erden in ihren phosphorsauren Salzen zu erkennen, werden diese am zweckmässigsten durch Eisenchlorid unter Zusatz von essigsaurem Natron zerlegt (siehe §. 142). — In ihren oxalsauren Verbindungen erkennt man sie, nachdem man dieselben durch Glühen in kohlensaure Salze verwandelt hat. — Liegen die schwefelsauren Salze der alkalischen Erden zur Untersuchung vor, so kann man deren Gemenge zuerst mit kleinen Quantitäten siedenden Wassers ausziehen. Die Lösung enthält die ganze Menge der schwefelsauren Magnesia, wenn dieselbe nicht als Kieserit vorhanden, nebst einer geringen Quantität schwefelsauren Kalks. Den Rückstand digerire man, nach H. Rose's Angabe, 12 Stunden lang mit einer Lösung von kohlensaurem Ammon in der Kälte, oder koche ihn 10 Minuten lang mit einer Lösung von 1 Thl. koh-

lensaurem und 3 Thln. schwefelsaurem Kali, filtrire, wasche aus und behandle sodann mit verdünnter Salzsäure, welche den entstandenen kohlensauren Strontian und Kalk und, wenn Kieserit zugegen war, die entstandene kohlensaure Magnesia oder kohlensaure Ammon-Magnesia, stets aber auch eine geringe Spur Baryt (Fresenius) auszieht, den unzersetzt gebliebenen schwefelsauren Baryt aber zurücklässt. Letzteren kann man durch Schmelzen mit kohlensauren Alkalien zerlegen. Die erhaltenen Lösungen sind nach den obigen Angaben weiter zu prüfen.

Ungleich leichter als auf dem lehrreichen, aber langwierigen — freilich aber auch annähernde Schätzung der relativen Mengen gestattenden — nassen Wege, lassen sich Baryt, Strontian und Kalk durch Flammenfärbung unter Anwendung des Spectralapparates auch dann entdecken, wenn sie alle zusammen vorkommen. Man bringt die Probe je nach der Natur der Säure entweder geradezu oder nach dem Glühen und Befeuchten mit Salzsäure in die Flamme. — Gilt es, sehr kleine Mengen von Baryt und Strontian neben grossen Kalkmengen nachzuweisen, so glüht man einige Gramm der kohlensauren Verbindungen im Platintiegel einige Minuten lang sehr stark über dem Gebläse (wobei kohlensaurer Baryt und Strontian weit leichter kaustisch werden, als dies bei Abwesenheit von kohlensaurem Kalk geschehen würde), kocht das Glühproduct mit wenig Wasser aus, filtrirt, dampft mit Salzsäure zur Trockne und prüft nun diesen Rückstand spectralanalytisch (Engelbach).

§. 100.

Dritte Gruppe.

Häufiger vorkommende Glieder: Thonerde, Chromoxyd,

Seltener vorkommende Glieder: Beryllerde, Thorerde, Zirkonerde, Yttererde, Erbinerde, Oxyde des Cers, Lanthanoxyd, Didymoxyd, Titansäure, Tantalsäure, niobige Säure.

Eigenschaften der Gruppe. Die Oxyde der dritten Gruppe sind im reinen Zustande und als Hydrate in Wasser unlöslich. Die Schwefelverbindungen ihrer Metalle können auf nassem Wege nicht dargestellt werden. Schwefelwasserstoff fällt daher die Lösungen nicht, Schwefelammonium fällt aus den Lösungen der Salze, in denen die Oxyde der dritten Gruppe die Base darstellen*), in gleicher Weise wie Ammon, die Oxydhydrate. Dieses Verhalten zu Schwefelammonium unterscheidet die Oxyde der dritten Gruppe von den vorhergehenden.

---

*) Die Oxyde der dritten Gruppe können sich fast alle sowohl mit Säuren als mit Basen zu salzartigen Verbindungen vereinigen, z. B. die Thonerde mit Kali zu Thonerde-Kali, mit Schwefelsäure zu schwefelsaurer Thonerde. Sie stehen somit theilweise auf der Grenze zwischen Basen und Säuren. Diejenigen, welche letzteren näher stehen, werden daher, wie es bei den letzten drei Gliedern der Fall, auch schon Säuren genannt.

Besondere Reactionen der häufiger vorkommenden Oxyde.

§. 101.

a. Thonerde (Al_2O_3).

1. Das Aluminium ist ein fast weisses Metall. Es oxydirt sich beim Liegen an der Luft nicht, und in compacten Massen selbst beim Glühen kaum. Es lässt sich feilen und ist sehr dehnbar, sein specif. Gewicht ist nur 2,67. In der hellen Rothglühhitze ist es schmelzbar. Das Aluminium zersetzt Wasser selbst in der Kochhitze nicht. Es löst sich unter Entwickelung von Wasserstoff leicht in Salzsäure, sowie in erwärmter Kalilauge, von Salpetersäure wird es selbst beim Erhitzen nur langsam gelöst.

2. Die Thonerde ist nicht flüchtig und, wie auch ihr Hydrat, weiss oder farblos. Sie löst sich in verdünnten Säuren langsam und sehr schwierig, in warmer concentrirter Salzsäure leichter. Schmelzendes saures schwefelsaures Kali nimmt sie leicht auf zu einer in Wasser löslichen Masse. Das Hydrat ist im amorphen Zustande leicht, im krystallisirten sehr schwer löslich in Säuren. Nach dem Glühen mit Alkalien wird die Thonerde, oder genauer das entstandene Thonerdealkali, von Säuren leicht aufgenommen.

3. Die Thonerdesalze sind weiss oder farblos, nicht flüchtig, theils löslich, theils unlöslich. Das wasserfreie Chloraluminium ist fest, blassgelb, krystallinisch, flüchtig. Die löslichen Sauerstoffsalze schmecken süsslich, zusammenziehend, röthen Lackmus und verlieren beim Glühen ihre Säuren. Die unlöslichen werden, mit Ausnahme gewisser natürlich vorkommender Verbindungen, von Salzsäure gelöst. Die in Salzsäure unlöslichen werden durch Glühen mit kohlensaurem Natron-Kali oder saurem schwefelsaurem Kali aufgeschlossen. Sie können aber auch zersetzt und gelöst werden, wenn man sie im feingepulverten Zustande mit Salzsäure von 25 Proc. oder mit einer Mischung von 3 Gewichtstheilen Schwefelsäurehydrat und 1 Gewichtstheil Wasser in zugeschmolzenen Glasröhren zwei Stunden lang auf 200° bis 210° C. erhitzt (A. Mitscherlich).

4. *Kali* und *Natron* fällen aus den Auflösungen der Thonerdesalze einen voluminösen Niederschlag von alkalihaltigem, meist auch mit basischem Salze gemengtem Thonerdehydrat (Al_2O_3, 3 HO), welcher sich in einem Ueberschuss des Fällungsmittels leicht und vollständig löst, aus dieser Lösung aber durch Zusatz von Chlorammonium schon in der Kälte, vollständiger beim Erwärmen, wieder niedergeschlagen wird (vergl. §. 53). Der Niederschlag löst sich nicht in überschüssigem Chlorammonium. Ammonsalze verhindern die Fällung durch Kali oder Natron nicht.

5. *Ammon* bewirkt gleichfalls einen Niederschlag von mit basischem Salz gemengtem, ammonhaltigem Thonerdehydrat. Er wird von einem sehr bedeutenden Ueberschuss des Fällungsmittels ebenfalls gelöst, aber schwierig, und zwar um so schwieriger, je mehr Ammonsalze die Thon-

erdelösung enthält. Kochen begünstigt die Ausfällung, indem dabei das überschüssige Ammon entweicht. Aus diesem Verhalten erklärt sich die vollständige Fällung des Thonerdehydrats aus seiner Lösung in Kali oder Natron durch Zusatz von überschüssigem Chlorammonium und namentlich durch Erhitzen mit demselben.

6. *Kohlensaure Alkalien* fällen basisch kohlensaure Thonerde, im Ueberschuss fixer kohlensaurer Alkalien etwas, im Ueberschuss kohlensauren Ammons in noch geringerem Maasse löslich. Kochen begünstigt die Ausfällung durch letzteres.

7. Digerirt man die Auflösung eines Thonerdesalzes mit fein zertheiltem *kohlensaurem Baryt*, so tritt die Säure des ersteren zum grösseren Theil an den Baryt, die dadurch ausgetriebene Kohlensäure entweicht, die Thonerde aber schlägt sich als mit basischem Thonerdesalz gemengtes Hydrat vollständig nieder, und zwar geschieht dies schon bei kalter Digestion.

NB. Zu 4, 5, 6 u. 7. Weinsteinsäure, Citronensäure und andere nichtflüchtige organische Säuren verhindern die Fällung der Thonerde als Hydrat oder basisches Salz, wenn sie in irgend erheblicher Menge zugegen sind, völlig, — Anwesenheit von Zucker und ähnlichen organischen Substanzen beeinträchtigt die Vollständigkeit der Fällung.

8. *Phosphorsaures Natron* fällt aus den Auflösungen der Thonerdesalze phosphorsaure Thonerde (Al_2O_3, PO_5). Der voluminöse, weisse Niederschlag löst sich leicht in Kali- oder Natronlauge, aber nicht in Ammon; Chlorammonium fällt ihn daher aus den Lösungen in Kali- oder Natronlauge. — Der Niederschlag löst sich leicht in Salzsäure oder Salpetersäure, aber nicht in Essigsäure (Unterschied von Thonerdehydrat), essigsaures Natron fällt ihn daher aus seiner Auflösung in Salzsäure, wenn diese nicht zu sehr vorherrscht. — Weinsteinsäure, Zucker etc. hindern die Fällung der phosphorsauren Thonerde nicht, wohl aber Citronensäure (Grothe).

9. *Oxalsäure* und deren Salze fällen die Lösungen der Thonerdesalze nicht.

10. *Schwefelsaures Kali* zu ganz concentrirten Thonerdesalzlösungen gesetzt, veranlasst, dass sich allmählich schwefelsaures Thonerde-Kali (Alaun: $KO, SO_3 + Al_2O_3, 3SO_3 + 24$ aq.) in Krystallen oder als Krystallpulver abscheidet.

11. Wird Thonerde oder eine Verbindung derselben auf Kohle vor dem Löthrohre geglüht, alsdann mit etwas Lösung von *salpetersaurem Kobaltoxydul* befeuchtet und von Neuem stark geglüht, so erhält man eine ungeschmolzene, tief himmelblaue Masse, eine Verbindung der beiden Oxyde. Die Farbe tritt erst beim Erkalten deutlich hervor. Bei Kerzenlicht erscheint sie violett. Die Reaction ist nur dann einigermaassen entscheidend, wenn die Thonerdeverbindung ziemlich frei von anderen Oxyden und wenn sie unschmelzbar oder schwer schmelzbar ist; vollständig

entscheidend ist sie nie, weil es nicht nur leicht schmelzbare, sondern auch einige schwer oder nicht schmelzbare thonerdefreie Verbindungen (z. B. die neutralen Phosphate der alkalischen Erden) gibt, welche mit Kobaltlösung geglüht blau werden können.

§. 102.

b. Chromoxyd (Cr_2O_3).

1. Das Chromoxyd ist ein grünes, sein Hydrat in der Regel ein bläulich graugrünes Pulver. Dieses löst sich in Säuren leicht, das nicht geglühte Oxyd schwieriger, das geglühte Oxyd fast nicht.

2. Die Chromoxydsalze haben eine grüne oder violette Farbe. Manche derselben lösen sich in Wasser, die meisten in Salzsäure. Die Lösungen zeigen entweder eine schön grüne oder eine dunkelviolette Farbe, welche letztere jedoch beim Erhitzen in die grüne übergeht. Die Chromoxydsalze, welche flüchtige Säuren enthalten, verlieren diese beim Glühen; die in Wasser löslichen Salze röthen Lackmus. Wasserfreies Chromchlorid ist krystallinisch, schwer flüchtig, violett, nicht löslich in Wasser und Säuren.

3. *Kali* und *Natron* bewirken in den grünen wie in den violetten Lösungen der Chromoxydsalze einen bläulich grünen Niederschlag von Chromoxydhydrat, der sich in einem Ueberschuss des Fällungsmittels leicht und vollständig zu einer smaragdgrünen Flüssigkeit löst. Wird diese Lösung anhaltend gekocht, so scheidet sich der Niederschlag wieder vollständig ab, so dass die überstehende Flüssigkeit vollkommen farblos erscheint. Wird die alkalische Lösung mit Chlorammonium versetzt, so wird das gelöste Chromoxydhydrat ebenfalls wieder gefällt. Erhitzen begünstigt die vollständige Abscheidung.

4. *Ammon* fällt aus den grünen Lösungen der Chromoxydsalze graugrünes, in Säuren mit grüner Farbe lösliches, aus den violetten Lösungen graublaues, in Säuren mit violetter Farbe lösliches Chromoxydhydrat. Auf Zusammensetzung und Farbe dieser Hydrate üben auch andere Umstände (Concentration, Art des Ammonzusatzes etc.) Einfluss aus. In überschüssigem Ammon lösen sich die Hydrate in der Kälte in geringer Menge zu einer pfirsichblüthrothen Flüssigkeit auf; wird aber die Lösung nach dem Zusatze von überschüssigem Ammon erwärmt, so ist die Fällung vollständig.

5. *Kohlensaure Alkalien* fällen basisch-kohlensaures Chromoxyd, welches sich im Ueberschuss der Fällungsmittel nur schwierig und langsam löst.

6. *Kohlensaurer Baryt* fällt aus Chromoxydlösungen alles Chromoxyd als mit basischem Salz gemengtes grünliches Hydrat. Die Abscheidung erfolgt schon in der Kälte, ist aber erst nach längerer Digestion vollständig.

NB. Zu 3, 4, 5, 6. Die Fällbarkeit des Chromoxyds durch Ammon wird bei violetten wie grünen Chromoxydlösungen durch Weinstein-

säure, Citronensäure, Zucker, auch durch Oxalsäure, mehr oder weniger beeinträchtigt, bei längerem Stehen lösen sich nicht selten die erst entstandenen Niederschläge wieder vollständig zu rothen Flüssigkeiten; — die Fällbarkeit durch kohlensaures Natron wird durch die genannten Säuren meist gänzlich gehindert; — die Fällung durch kohlensauren Baryt bleibt bei Anwesenheit der genannten Säuren unvollständig.

7. Versetzt man die Auflösung des Chromoxyds in Kali- oder Natronlauge mit etwas überschüssigem braunem *Bleihyperoxyd* und kocht kurze Zeit, so wird das Chromoxyd zu Chromsäure oxydirt. Man erhält daher beim Filtriren eine gelbe Flüssigkeit, eine Auflösung von chromsaurem Bleioxyd in Kali- oder Natronlauge. Beim Ansäuern mit Essigsäure scheidet sich jenes als gelber Niederschlag ab (Chancel). Sehr kleine Spuren von Chromsäure weist man in dieser Flüssigkeit noch sicherer nach, indem man sie mit Salzsäure ansäuert und mit Wasserstoffhyperoxyd und Aether zusammenbringt, vergl. Chromsäure (§. 138).

8. Wird Chromoxyd oder eine Verbindung desselben mit *salpetersaurem* und *kohlensaurem Natron*, oder besser noch mit *chlorsaurem Kali* und *kohlensaurem Natron* zusammengeschmolzen, so geht das Chromoxyd in Chromsäure über; man erhält daher gelbes, in Wasser mit intensiv gelber Farbe lösliches chromsaures Alkali. Die Reactionen der Chromsäure siehe §. 138.

9. *Phosphorsalz* löst Chromoxyd und seine Salze sowohl in der Oxydations- als auch in der Reductionsflamme zu klaren, schwach gelbgrünen Gläsern auf, deren Farbe beim Erkalten ins Smaragdgrüne übergeht. Borax verhält sich ähnlich. Man bedient sich der Bunsen'schen Gasflamme (§. 16) oder der Löthrohrflamme.

---

§. 103.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die Löslichkeit des Hydrats der Thonerde in Kali- und Natronlauge und die Fällbarkeit desselben aus der alkalischen Lösung durch Chlorammonium bieten ein sicheres Erkennungsmittel für die Thonerde, wenn kein Chromoxyd zugegen ist. Ist dieses daher vorhanden, was entweder schon die Farbe der Lösung oder die Reaction mit Phosphorsalz zu erkennen gibt, so muss es abgeschieden werden, bevor man auf Thonerde prüfen kann. Diese Abscheidung geschieht am vollständigsten, wenn 1 Thl. der gemengten Oxyde mit 2 Thln. kohlensaurem und 2 Thln. chlorsaurem Kali geschmolzen wird, was in einem Platintiegel geschehen kann. Kocht man die gelbe Masse mit Wasser, so bleibt ein Theil der Thonerde zurück, während sich alles Chrom als chromsaures Alkali und der Rest der Thonerde als Thonerde-Alkali löst. Säuert man die Lösung mit Salpetersäure an, so wird sie rothgelb, fügt man alsdann Ammon zu, bis die Flüssigkeit schwach alkalisch geworden, so scheidet sich der Rest der Thonerde aus.

Die Ausscheidung des Chromoxyds durch Kochen seiner Lösung in Kali- oder Natronlauge ist ebenfalls, wenn das Kochen lange genug fortgesetzt wird, hinlänglich genau, sie gibt aber nichtsdestoweniger (wenn nur wenig Chromoxyd zugegen, oder organische Materien, wenn auch nur in geringer Menge, vorhanden sind) häufig zu Täuschungen Anlass. Ich mache zugleich darauf aufmerksam, dass die Löslichkeit des Chromoxydhydrates in überschüssiger kalter Kali- oder Natronlauge durch die Anwesenheit anderer Oxyde (Mangan-, Nickel-, Kobaltoxydul und namentlich Eisenoxyd) sehr beeinträchtigt, ja bei starkem Vorwalten der fremden Oxyde ganz aufgehoben wird. — Wohl zu beachten ist endlich noch der die Fällung der Thonerde und des Chromoxyds durch Ammon, kohlensaures Natron etc. hindernde oder beeinträchtigende Einfluss, den — wie oben erwähnt — nichtflüchtige organische Säuren, Zucker etc., ausüben. Sind daher organische Substanzen zugegen, so geht man immer am sichersten, wenn man glüht, den Rückstand mit kohlensaurem Natron und chlorsaurem Kali schmelzt und dann verfährt wie zuvor angegeben. — In Betreff der Nachweisung sehr geringer Thonerdespuren mittelst einer alkoholischen Lösung von Morin und der darin hervorgerufenen Fluorescenz vergl. Goppelsröder (Zeitschrift für anal. Chem. 7. 208).

Besondere Reactionen der seltener vorkommenden Oxyde der dritten Gruppe.

§. 104.

1. **Beryllerde** (Be_2O_3). Vorkommen selten, als kieselsaure Beryllerde im Phenakit, neben anderen kieselsauren Salzen im Beryll, Euklas und einigen anderen seltenen Mineralien. Weisses, geschmackloses, in Wasser unlösliches Pulver. Nach dem Glühen in Säuren langsam aber vollständig löslich, leicht löslich nach dem Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali; das Hydrat löst sich in Säuren leicht. Die Verbindungen haben grosse Aehnlichkeit mit den Thonerdeverbindungen, die löslichen Salze schmecken süss und herb, reagiren sauer; die in der Natur vorkommenden Beryll-Silicate werden beim Schmelzen mit 4 Thln. kohlensaurem Natronkali vollkommen aufgeschlossen. — *Kali*, *Natron*, *Ammon* und *Schwefelammonium* fällen aus den Salzlösungen weisses flockiges Hydrat. Dasselbe löst sich nicht in Ammon, leicht in Kali- und Natronlauge, daraus durch Salmiak fällbar; die concentrirten alkalischen Lösungen bleiben beim Kochen klar, die verdünnteren setzen bei längerem Kochen fast alle Beryllerde ab (Unterschied von Thonerde). — Bei fortgesetztem Kochen mit *Salmiak* löst sich frisch gefälltes Hydrat unter Austreibung von Ammoniak als Chlorberyllium (Unterschied von Thonerde). *Kohlensaure Alkalien* fällen weisse kohlensaure Beryllerde; dieselbe löst sich in einem grossen Ueberschuss der fixen kohlensauren Alkalien, in einem weit geringeren von kohlensaurem Ammon (besonders charakteristischer Unterschied von Thonerde, aber — weil sich bei Gegenwart von Beryllerde auch etwas Thonerde in kohlensaurem Ammon löst (Joy) — keine Grundlage zur vollständigen Trennung beider). Beim Sieden dieser Lösungen scheidet sich basisch kohlensaure Beryllerde aus, und zwar leicht und vollständig aus der in kohlensaurem Ammon,

nur beim Verdünnen und unvollständig aus der in fixen kohlensauren Alkalien. *Kohlensaurer Baryt* fällt schon bei kalter Digestion vollständig. — *Oxalsäure* und *oxalsaure Salze* fällen nicht (Unterschied von Thorerde, Zirkonerde, Yttererde, Erbinerde, Ceroxydul, Lanthan- und Didymoxyd). Mit 2 Thln. Fluorwasserstoff-Fluorkalium geschmolzen liefert Beryllerde eine Schmelze, welche sich in mit Flusssäure angesäuertem Wasser löst (Trennungsmittel von Thonerde, welche gleich behandelt als Fluor-Aluminium-Fluorkalium zurückbleibt). Mit *salpetersaurer Kobaltoxydullösung* befeuchtet und geglüht, liefern die Beryllverbindungen graue Massen.

2. **Thorerde** (Th O). Vorkommen in Thorit, Monacit, sehr selten. Weiss, so lange heiss stark gelb, geglüht nur beim Erhitzen mit einer Mischung von 1 Thl. concentrirter Schwefelsäure und 1 Thl. Wasser, nicht in anderen Säuren löslich, auch nicht nach dem Schmelzen mit Alkalien. Beim Abdampfen mit Salzsäure oder Salpetersäure dagegen bilden sich die entsprechenden Salze in Form firnissartiger Verbindungen, welche in Wasser leicht und klar löslich sind. Salzsäure und Salpetersäure fällen daraus salzsaure oder salpetersaure Verbindungen, — selbst Schwefelsäure kann unter Umständen einen Niederschlag darin bewirken (Bahr). Das Hydrat löst sich feucht leicht, getrocknet schwer in Säuren. Chlorthorium ist nicht flüchtig. — Der Thorit (kieselsaure Thorerde) wird durch mässig concentrirte Schwefelsäure wie durch concentrirte Salzsäure zersetzt. — *Kali*, *Ammon*, *Schwefelammonium* fällen aus den Salzlösungen weisses Hydrat, im Ueberschuss — auch des Kalis — (Unterschied von Thonerde und Beryllerde) unlöslich. — *Kohlensaures Kali* und *kohlensaures Ammon* fällen basisch kohlensaures Salz, im Ueberschuss der Fällungsmittel, wenn concentrirt, leicht, wenn verdünnt, schwer löslich (Unterschied von Thonerde). Die Lösung in kohlensaurem Ammon scheidet schon bei 50° C. wieder basisches Salz ab. — *Kohlensaurer Baryt* fällt die Thorerde vollständig aus. — *Fluorwasserstoffsäure* fällt anfangs gelatinös, bald aber pulverig erscheinendes Fluorthorium. Dasselbe ist in Wasser und Fluorwasserstoffsäure unlöslich (Unterschied von Thonerde, Beryllerde, Zirkonerde, Titansäure). — *Oxalsäure* fällt weiss (Unterschied von Thon- und Beryllerde), der Niederschlag löst sich in Oxalsäure und auch in verdünnten Mineralsäuren nicht, wohl aber in einer freie Essigsäure enthaltenden Lösung von essigsaurem Ammon (Unterschied von Yttererde und Ceroxydul), der Niederschlag löst sich nicht in einer überschüssigen Lösung von oxalsaurem Ammon (Unterschied von Zirkonerde). — Eine concentrirte Lösung von *schwefelsaurem Kali* fällt langsam, aber vollständig (Unterschied von Thon- und Beryllerde). Der Niederschlag — schwefelsaures Thorerde-Kali — löst sich nicht in einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Kali, langsam und schwer in kaltem wie heissem Wasser, aber leicht bei Zusatz von etwas Salzsäure. Aus einer Lösung von neutraler schwefelsaurer Thorerde in kaltem Wasser scheidet sich dieselbe *beim Erhitzen* in Gestalt eines schweren, weissen, käsigen Niederschlages aus (Unterschied von Thonerde und Beryllerde). Der Niederschlag löst sich wieder in kaltem Wasser (Unterschied von Titansäure). *Unterschwefligsaures Natron* schlägt aus neutralen oder schwach sauren Lösungen beim Kochen mit Schwefel gemengte unterschwefligsaure Thorerde nieder, doch ist die Fällung nicht ganz vollständig (Unterschied von Ytter- und Erbinerde, wie von Didymoxyd).

3. **Zirkonerde** ($Zr O_2$). Im Zirkon und einigen anderen seltenen Mineralien. Weisses Pulver, in Salzsäure unlöslich, nach längerem Erhitzen mit einer Mischung von 2 Schwefelsäurehydrat und 1 Wasser bei Wasserzusatz

löslich. Das Hydrat gleicht dem Thonerdehydrat, kalt gefällt und noch feucht löst es sich leicht, heiss gefällt oder getrocknet schwer in Salzsäure. Die in Wasser löslichen Salze röthen Lackmus, die in der Natur vorkommenden Zirkonsilicate sind durch kohlensaures Natron aufschliessbar. Man schmelzt sie fein geschlämmt mit 4 Thln. desselben bei hoher Temperatur. Die Schmelze gibt an Wasser kieselsaures Natron ab, sandiges Zirkonerde-Natron bleibt zurück. Dasselbe wird, nach dem Auswaschen, in Salzsäure gelöst. Besonders leicht lässt sich der Zirkon auch durch Schmelzen mit Fluorwasserstoff-Fluorkalium in Rothglühhitze zersetzen. Man erhält Fluorsiliciumkalium und Fluorzirkoniumkalium. — *Kali*, *Natron*, *Ammon* und *Schwefelammonium* fällen aus den Salzlösungen flockiges Hydrat, im Ueberschuss der Fällungsmittel, auch des Kalis und Natrons (Unterschied von Thonerde und Beryllerde), unlöslich; auch von kochender Salmiaklösung wird dasselbe nicht gelöst (Unterschied von Beryllerde). *Kohlensaures Kali*, *Natron* und *Ammon* fällen kohlensaure Zirkonerde als flockigen Niederschlag. Er löst sich in einem grösseren Ueberschuss von kohlensaurem Kali, leichter in doppelt-kohlensaurem Kali, am leichtesten in kohlensaurem Ammon (Unterschied von Thonerde), aus dieser Lösung beim Sieden wieder niederfallend. — *Oxalsäure* fällt voluminöse oxalsaure Zirkonerde (Unterschied von Thon- und Beryllerde), nicht löslich in Oxalsäure, löslich in Salzsäure, wie auch in einer überschüssigen Lösung von oxalsaurem Ammon (Unterschied von Thorerde). Eine concentrirte Lösung von *schwefelsaurem Kali* liefert bald einen weissen, im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslichen Niederschlag von schwefelsaurem Zirkonerde-Kali (Unterschied von Thon- und Beryllerde), der — kalt gefällt — in viel Salzsäure löslich, heiss gefällt in Wasser und Salzsäure fast ganz unlöslich ist (Unterschied von Thorerde und Ceroxydul). Schwefelsaure Zirkonerde ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich (Unterschied von Thorerde). — *Kohlensaurer Baryt* fällt nicht vollständig, auch nicht beim Kochen. — *Fluorwasserstoffsäure* fällt nicht (Unterschied von Thor- und Yttererde), *unterschwefligsaures Natron* fällt (Unterschied von Yttererde und Erbinerde wie von Didym). Die Ausscheidung der unterschwefligsauren Zirkonerde erfolgt beim Kochen auch dann, wenn auf 1 Thl. des Oxyds 100 Thle. Wasser kommen (Unterschied von Ceroxydul und Lathanoxyd). Säuert man die Lösungen der Zirkonerdesalze mit Salzsäure oder Schwefelsäure schwach an, taucht *Curcumapapier* ein und trocknet, so färbt sich dasselbe rothbraun (Unterschied von Thorerde). Wäre Titansäure zugegen, welche unter denselben Umständen Curcumapapier bräunt, also die Zirkonerde-Reaction verdeckt, so behandelt man die saure Lösung zuerst mit Zink, um die Titansäure zu Titanoxyd zu reduciren, dessen Lösung nicht auf Curcumapapier einwirkt (Pisani).

4. **Yttererde** (YO). Im Gadolinit, Orthit, Yttrotantalit, selten. — Die Yttererde ist, wenn rein, schwach gelblich-weiss, sie glüht in der Oxydationsflamme mit weissem Licht (Unterschied von Erbinerde) ohne zu schmelzen oder sich zu verflüchtigen. In Salpetersäure, Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure löst sie sich in der Kälte schwierig, beim Erwärmen aber nach längerer Zeit vollständig. Die Lösungen sind ungefärbt, die Salze ebenfalls, sie reagiren sauer und schmecken süsslich adstringirend. Mit Wasser lässt sich die Yttererde nicht vereinigen. Die Yttererde liefert unter keinen Umständen ein Spectrum, weder ein directes, noch in den Lösungen ihrer Salze ein Absorptionsspectrum (Bahr und Bunsen). Wasserfreies Chloryttrium ist nicht flüchtig (Unterschied von Thon-, Beryll-, Zir-

konerde). — *Kali* fällt weisses, in Kaliüberschuss unlösliches Hydrat (Unterschied von Thon- und Beryllerde). *Ammon* und *Schwefelammonium* zeigen gleiches Verhalten. Wenig Salmiak hindert die Fällung durch letztere nicht, wohl aber ein grosser Ueberschuss. — *Kohlensaure Alkalien* fällen weiss. Der Niederschlag löst sich in kohlensaurem Kali schwer, in doppelt-kohlensaurem Kali und in kohlensaurem Ammon leichter (aber lange nicht so leicht als der Beryllniederschlag). Die Lösung des reinen Hydrats in kohlensaurem Ammon scheidet beim Kochen alle Yttererde ab, ist aber gleichzeitig Salmiak zugegen, so wird dieser bei weiterem Erhitzen unter Ammoniakabscheidung zersetzt und die Yttererde löst sich wieder als Chloryttrium. Aus gesättigten Lösungen von kohlensaurer Yttererde in kohlensaurem Ammon scheidet sich leicht kohlensaures Yttererdeammon ab, was zu beachten. — *Oxalsäure* fällt weiss (Unterschied von Thon- und Beryllerde). Der Niederschlag löst sich nicht in Oxalsäure, schwer in verdünnter Salzsäure, wird beim Kochen mit oxalsaurem Ammon partiell gelöst. — *Schwefelsaures Yttererdekali* löst sich in Wasser und in einer Lösung von schwefelsaurem Kali leicht (Unterschied von Thorerde, Zirkonerde und den Ceritbasen). — *Kohlensaurer Baryt* fällt nicht (Unterschied von Thon-, Beryll-, Thorerde, Ceroxyd, Didymoxyd), beim Kochen unvollständig. — *Cureuma* wird durch die angesäuerten Salzlösungen nicht verändert (Unterschied von Zirkonerde). *Weinsteinsäure* hindert die Ausfällung durch Alkalien nicht (charakteristischer Unterschied von Thon-, Beryll-, Thor-, Zirkonerde). Der Niederschlag ist weinsteinsaure Yttererde. Die Fällung erfolgt oft erst nach einiger Zeit, ist aber vollständig. — *Unterschwefligsaures Natron* fällt nicht (Unterschied von Thonerde, Thorerde, Zirkonerde, Titansäure). — *Fluorwasserstoff* fällt (Unterschied von Thonerde, Beryllerde, Zirkonerde, Titansäure), der Niederschlag ist gelatinös, unlöslich in Wasser und Fluorwasserstoff; ungeglüht löst er sich in Mineralsäuren, geglüht wird er nur von concentrirter Schwefelsäure zersetzt. — Eine kalt gesättigte Lösung des *Sulfats trübt sich bei* 30 bis 40°, beim Sieden wird fast alles Salz ausgeschieden. — Mit *Borax* oder *Phosphorsalz* gibt die Yttererde in innerer wie äusserer Flamme klare, heiss wie kalt farblose Perlen (Unterschied von Ceroxydul und Didymoxyd).

5. **Erbinerde** (Er O). Dieselbe begleitet die Yttererde im Gadolinit*). Sie ist ausgezeichnet durch ihre hellrosenrothe Farbe, nimmt beim Glühen im Wasserstoffstrom nicht ab, schmilzt in heftigster Weissglühhitze nicht. Als schwammige Masse heftig erhitzt, glüht sie mit intensivem grünem Licht. In *Salpetersäure*, *Salzsäure* und *Schwefelsäure* löst sie sich schwierig, aber beim Erwärmen vollständig. Die *Salze* sind mehr oder weniger hell rosenroth gefärbt, die wasserhaltigen meist mehr als die wasserfreien, sie reagiren sauer und schmecken süss adstringirend. Mit Wasser verbindet sich die Erbinerde nicht direct. Das schwefelsaure Salz löst sich im wasserhaltigen Zustande in Wasser schwierig und langsam, im wasserfreien dagegen leicht und schnell, — die basisch salpetersaure Erbinerde ($2\,Er\,O, N\,O_5 + 3\,aq.$) bildet hell rosenrothe nadelförmige Krystalle, in Salpetersäure schwierig löslich, durch Wasser in Salpetersäure und gelatinöses überbasisches Salz zerfallend, beim Glühen

*) Mosander glaubte neben der Erbinerde noch eine zweite Erde, die Terbinerde, abgeschieden zu haben, Popp hielt die beiden Erden nur für Gemenge von Yttererde mit Cer- und Didymoxyd, Delafontaine vertheidigte die Ansicht Mosander's, Bahr und Bunsen aber fanden im Gadolinit neben der Yttererde nur eine weitere Erde, die Erbinerde (Annal. d. Chem. u. Pharm. 137. 1).

Erbinerde liefernd. Das oxalsaure Salz bildet ein rosenrothes, schweres, sandiges Pulver. — Am besten endlich ist die Erbinerde charakterisirt durch das *Absorptionsspectrum*, welches die Lösungen ihrer Salze geben. Von den Absorptionsstreifen liegt α von 71 — 74, — β von 64,5 — 65,5, — γ von 32,6 — 38,0, — δ von 85 — 91 der Spectrentafel. — Die feste glühende Erde mit nicht zu concentrirter Phosphorsäure getränkt und geglüht, liefert auch ein directes Spectrum, dessen helle Streifen mit den dunklen des Absorptionsspectrums coincidiren. — Mit Borax und Phosphorsalz liefert Erbinerde Perlen, welche heiss wie nach dem Abkühlen klar und farblos sind (Unterschied von Ceroxydul und Didymoxyd).

Die Trennung der Erbinerde von der Yttererde, die in ihrem Verhalten zu Reagentien eine sehr grosse Uebereinstimmung zeigen, gründeten Bahr und Bunsen auf das verschiedene Verhalten der salpetersauren Salze in der Hitze. Sie gelingt erst durch häufige Wiederholung des Trennungsverfahrens vollkommen, vergl. a. a. O. S. 3.

6. **Oxyde des Cers.** Das Cer kommt selten, als Oxydul, im Cerit, Orthit etc. vor. Es bildet drei Oxyde, das Oxydul (Ce O), das Oxyd (Ce_2O_3) und das Hyperoxyd (CeO_2), welche unter einander Verbindungen einzugehen vermögen. Das Oxydulhydrat ist weiss, wird an der Luft durch Sauerstoffaufnahme gelb, geht beim Glühen an der Luft in orangerothes oder rothes Oxyd über (Unterschied von den früher beschriebenen Erden). Das Ceroxydulhydrat löst sich leicht in Säuren, das geglühte Ceroxyd löst sich, wenn Lanthan- und Didymoxyd enthaltend — leicht unter Chlorentwickelung in Salzsäure, wenn rein löst es sich kaum in kochender Salzsäure, wohl aber bei Zusatz von etwas Alkohol (Unterschied von Thor- und Zirkonerde), die Lösungen enthalten Chlorür. In concentrirter Schwefelsäure löst sich das Ceroxyd, wenn auch schwierig, von Salpetersäure wird es fast nicht angegriffen. Das aus dem Oxalat abgeschiedene Ceroxyd gibt mit Salpetersäure eingedampft ein basisches Salz, welches mit Wasser eine Emulsion liefert, auch in sehr viel Wasser nur unvollständig löslich (Unterschied von Thorerde). Die Ceroxydulsalze sind farblos, zuweilen mit einem Stich ins Amethystrothe, die löslichen röthen Lackmus. Cerchlorür ist nicht flüchtig (Unterschied von Thon-, Beryll- und Zirkonerde). Das Sulfat lässt beim Lösen in kochendem Wasser Salz niederfallen. — Der Cerit (wasserhaltiges kieselsaures Ceroxydul 2 (Ce O, La O, Di O), SiO_2 + 2 aq.) löst sich nicht in Königswasser, er wird aber beim Schmelzen mit kohlensaurem Natron zersetzt; auch concentrirte Schwefelsäure zersetzt ihn. — *Kali* fällt weisses Hydrat, dasselbe wird an der Luft gelb. Es löst sich nicht im Ueberschuss des Fällungsmittels (Unterschied von Thon- und Beryllerde). — *Ammon* fällt basisches, im Ueberschuss unlösliches Salz. — *Kohlensaure Alkalien* fällen weiss. Der Niederschlag löst sich wenig im Ueberschuss des kohlensauren Kalis, etwas leichter in kohlensaurem Ammon. *Oxalsäure* fällt weiss, vollständig, auch aus mässig sauren Lösungen (Unterschied von Thon- und Beryllerde). Der Niederschlag löst sich nicht in Oxalsäure, aber in sehr viel Salzsäure. — Eine gesättigte Lösung von *schwefelsaurem Kali* fällt, auch aus etwas sauren Lösungen, weisses schwefelsaures Ceroxydul-Kali (Unterschied von Thon- und Beryllerde), schwer in kaltem, leicht in heissem Wasser (Bahr), gar nicht in einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Kali löslich (Unterschied von Yttererde). Durch Kochen mit viel Wasser, dem etwas Salzsäure zugesetzt worden, lässt sich der Nieder-

schlag lösen. — *Kohlensaurer Baryt* fällt nicht rasch, aber bei langer Einwirkung vollständig. — *Weinsteinsäure* hindert die Fällung durch Ammon (Unterschied von Yttererde), aber nicht die durch Kali. — *Unterschwefligsaures Natron* fällt beim Kochen mit sehr concentrirten Lösungen nicht. Der niederfallende Schwefel reisst nur geringe Mengen des Salzes mit nieder. — Leitet man in eine mit essigsaurem Natron versetzte nicht zu saure Ceroxydullösung *Chlor* oder fügt man *unterchlorigsaures Natron* zu, so schlägt sich alles Cer (frei von Didym und Lanthan) als hellgelbes Cersuperoxyd nieder (Popp). — Löst man ein Ceroxydulsalz in Salpetersäure unter Zufügen eines gleichen Volums Wasser, fügt eine geringe Menge Bleihyperoxyd zu und kocht einige Minuten, so färbt sich die Lösung, auch wenn nur geringe Mengen Cer zugegen, gelb. Verdampft man diese Lösung zur Trockne und erhitzt den Rückstand bis zum Entweichen eines Theiles der Säure, so löst mit Salpetersäure angesäuertes Wasser kein Cer (wohl aber demselben etwa beigemengtes Didym- und Lanthanoxyd) (Gibbs).

Ceroxydlösungen werden durch *kohlensauren Baryt* schon in der Kälte gefällt, — *unterschwefligsaures Natron* fällt eine Lösung von salpetersaurem Ceroxyd. — *Borax* und *Phosphorsalz* lösen Ceroxyde in der äusseren Flamme zu rothgelben Perlen (Unterschied von den früher besprochenen Erden), die Färbung vermindert sich — oft bis zum Verschwinden — beim Erkalten. In der inneren Flamme erhält man farblose Perlen.

7. **Lanthanoxyd.** Begleitet in der Regel das Ceroxydul. Es ist weiss, beim Glühen an der Luft unveränderlich (Unterschied von Ceroxydul), verwandelt sich in Berührung mit kaltem Wasser langsam, mit heissem rasch in milchweisses Hydrat. Oxyd wie Oxydhydrat bläuen geröthetes Lackmuspapier, lösen sich in siedender Salmiaklösung, desgleichen in verdünnten Säuren. Das Lanthanoxyd steht somit der Magnesia nahe. Die Salze sind farblos, die gesättigte Lösung des schwefelsauren Lanthanoxyds in kaltem Wasser scheidet schon bei 30° C. einen Theil des Salzes ab (Unterschied von Ceroxydul). *Schwefelsaures Kali*, *Oxalsäure*, *kohlensaurer Baryt* liefern die beim Ceroxydul erwähnten Reactionen. — *Kali* fällt im Ueberschuss unlösliches, an der Luft sich nicht bräunendes Hydrat. — *Ammon* fällt basische Salze, welche beim Auswaschen milchig durchs Filter gehen. — Der durch kohlensaures Ammon entstehende Niederschlag löst sich gar nicht im Ueberschuss des Fällungsmittels (Unterschied von Ce O). Uebersättigt man eine kalte verdünnte Lösung von essigsaurem Lanthanoxyd mit Ammon, wäscht den schleimigen Niederschlag mehrmals mit kaltem Wasser und fügt etwas gepulvertes *Jod* hinzu, so entsteht eine allmählich die ganze Masse durchdringende Blaufärbung (charakteristischer Unterschied des Lanthans von den anderen Erden).

8. **Didymoxyd.** Begleitet mit dem Lanthanoxyd das Ceroxydul. Nach starkem Glühen weiss, mit Salpetersäure befeuchtet und schwach geglüht dunkelbraun, bei starkem Glühen wieder weiss. Verwandelt sich, mit Wasser in Berührung, langsam in Hydrat, zieht rasch Kohlensäure an, reagirt nicht alkalisch, löst sich leicht in Säuren. Die concentrirten Lösungen haben röthliche oder schwach-violette Farbe. Das salpetersaure Didymoxyd geht beim Erhitzen zunächst in ein basisches Salz ($4\,DiO, NO_5 + 5\,aq.$) über (Unterschied von Lanthan), welches in der Hitze wie in der Kälte grau ist (Unterschied von Erbin). Das Chlordidym ist nicht flüchtig. Die gesättigte Lösung des schwefelsauren Salzes scheidet, nicht bei 30° C., wohl aber beim Kochen Salz ab. *Kali* fällt im Ueberschuss unlösliches, an der Luft sich nicht verändern-

des Hydrat. — *Ammon* fällt basisches Salz, nicht in Ammon, aber etwas in Chlorammonium löslich. — *Kohlensaure Alkalien* fällen reichlich, der Niederschlag löst sich nicht im Ueberschuss, auch nicht des kohlensauren Ammons (Unterschied von Ceroxydul), aber etwas in concentrirter Salmiaklösung. — *Oxalsäure* fällt fast vollständig, der Niederschlag löst sich schwer in kalter Salzsäure, wohl aber beim Erhitzen. — *Kohlensaurer Baryt* fällt das Didymoxyd aus seinen Lösungen langsam (langsamer als Ceroxydul und Lanthanoxyd) und nie vollständig. Eine concentrirte Lösung von *schwefelsaurem Kali* fällt Didymlösungen langsamer und weniger vollständig als Ceroxydullösungen. Der Niederschlag löst sich nicht in einer Auflösung von schwefelsaurem Kali, auch nicht in Wasser (Delafontaine), wohl aber — wenn auch schwer — in heisser Salzsäure. — *Unterschwefligsaures Natron* fällt Didymlösungen nicht. — Mit *Borax* liefert Didymoxyd in beiden Flammen ein fast farbloses, nur bei grösseren Mengen schwach amethystrothes Glas. — *Phosphorsalz* löst in der Reductionsflamme zur amethystrothen, ins Violette spielenden Perle, mit *Soda* in der äusseren Flamme erhält man eine grauweisse Masse (Unterschied von Mangan). Besonders charakteristisch für das Didym ist das Absorptionsspectrum, welches die Lösungen seiner Salze liefern. Dasselbe ist zuerst von Gladstone, später von O. L. Erdmann und Delafontaine beschrieben worden. Bahr und Bunsen haben die Lage der Linien genau beschrieben (Zeitschr. f. analyt. Chem. 5. 110). Wie die Erbinerde, so liefert auch das Didymoxyd ein Emissionsspectrum, aber nur ein ziemlich schwaches.

Zur Trennung des Cers von Lanthan und Didym kann man sich einer der folgenden Methoden bedienen: a. Man neutralisirt die Lösung der drei Basen, wenn sie sauer ist, annähernd, ohne dass jedoch eine bleibende Fällung eintreten darf, setzt eine genügende Menge von essigsaurem Natron und einen Ueberschuss von unterchlorigsaurem Natron zu und kocht einige Zeit; es fällt alsdann das Cer als Hyperoxyd nieder, während Lanthan und Didym gelöst bleiben (Popp, Annal. d. Chem. u. Pharm. 131. 360). b. Man fällt die Basen mit Kalilauge, vertheilt den ausgewaschenen Niederschlag in Kalilauge und leitet Chlor ein. Lanthan- und Didymoxyd lösen sich, Cerhyperoxyd bleibt zurück (Damour und St. Claire Deville, Compt. rend. 59. 272). c. Man löst in starker überschüssiger Salpetersäure, kocht mit Bleihyperoxyd, verdampft die orangegelbe Lösung zur Trockne und erhitzt den Rückstand bis zum Entweichen eines Theiles der Säure, behandelt dann mit Wasser, welches durch Salpetersäure angesäuert ist, und trennt das ungelöst bleibende basische Ceroxydnitrat von der alles Lanthan und Didym enthaltenden Lösung (Gibbs, Zeitschr. f. analyt. Chem. 3. 396). Bei der letzten Methode ist zu beachten, dass bei weiterer Behandlung des Rückstandes wie der Lösung das hier wie dort anwesende Bleioxyd erst durch Schwefelwasserstoff zu entfernen ist. d. Man erhitzt die chromsauren Salze auf 110° C. und zieht mit heissem Wasser die unzersetzt gebliebenen Verbindungen des Lanthan- und Didymoxyds aus. Das Cer bleibt als unlösliches Oxyd zurück (Pattinson und Clark, Chem. News 16. 259). — Aus der nach einer oder der anderen Methode gewonnenen, das Lanthan und Didym enthaltenden Lösung fällt man (eventuell nach Abscheidung von Blei) die Basen mit oxalsaurem Ammon, führt die Oxalate durch Glühen in Oxyde über und behandelt diese mit schwacher Salpetersäure. War die frühere Cer-Abscheidung nicht vollständig, so bleibt jetzt noch der Rest als Oxyd zurück. Die Lösung verdampft man in einer Schale mit flachem Boden zur Trockne und erhitzt auf 400 bis 500° C.

Die Salze schmelzen, Untersalpetersäure entweicht. Man behandelt mit heissem Wasser, welches das Nitrat des Lanthans löst, graues basisch-salpeter-saures Didymoxyd zurücklassend. Durch Wiederholung der Operation des Abdampfens etc. gelingt es, beide Basen befriedigend zu trennen (Damour u. St. Claire Deville). Weniger vollständig gelingt die Trennung, wenn man Didym und Lanthan in Sulfate verwandelt, Wasser mit dem trocknen Salzgemenge bei 5 bis 6° C. sättigt und dann die Lösung auf 30° C. erwärmt, wobei sich das schwefelsaure Lanthanoxyd grossentheils ausscheidet, das schwefelsaure Didymoxyd grossentheils gelöst bleibt. In Betreff einer anderen Methode, Lanthan und Didym zu trennen, welche aber nur bei gleichzeitiger Anwesenheit von viel Cer gelingt, vergl. Cl. Winkler (Zeitschr. f. analyt. Chem. 4. 417).

9. **Titansäure.** Das Titan bildet zwei Oxyde, Titanoxyd (Ti_2O_3) und Titansäure (TiO_2). Letzterer begegnet man bei Analysen häufiger. Sie findet sich frei im Rutil und Anatas, in Verbindung mit Basen im Titanit, Titaneisen etc. Sie kommt in kleiner Menge in manchen Eisensteinen sowie in Thonen, überhaupt Silicaten, und in Folge dessen in Hochofenschlacken vor. Die kleinen kupferrothen Würfelchen, welche man in solchen zuweilen findet, sind Cyantitan-Stickstofftitan. Schwach geglühte Titansäure ist weiss, beim Erhitzen vorübergehend citronengelb werdend. Sehr stark geglüht kann sie, je nach der Darstellungsweise, gelblich-weiss, aber auch bräunlich werden. Sie ist unschmelzbar, unlöslich in Wasser, von 3,9 bis 4,25 specif. Gewicht. Das Titanchlorid ($TiCl_2$) ist eine farblose, flüchtige, an der Luft stark rauchende Flüssigkeit. a. Verhalten zu Säuren, und Reactionen der sauren Titansäurelösungen. Die geglühte Titansäure löst sich nicht in Säuren, mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure und der concentrirten Schwefelsäure. Dampft man die Auflösung in Fluorwasserstoffsäure unter Zusatz von Schwefelsäure ab, so verflüchtigt sich kein Fluortitan (Unterschied von Kieselsäure). Mit saurem schwefelsaurem Kali liefert die Titansäure bei hinlänglich lange fortgesetztem Schmelzen eine klare Masse, welche sich in viel kaltem Wasser klar löst. Sehr leicht erhält man die Titansäure in klarer Lösung, wenn man sie mit Fluorwasserstoff-Fluorkalium schmelzt und die Schmelze in verdünnter Salzsäure löst. — In Wasser ist das Kaliumtitanfluorid schwer löslich (bei 14° C. 1 : 96). — Das Titansäurehydrat löst sich sowohl feucht, als auch wenn es ohne Wärme getrocknet wurde, in verdünnten Säuren, namentlich Salzsäure und Schwefelsäure. — Alle Auflösungen der Titansäure in Salz- oder Schwefelsäure, namentlich aber die letzteren, scheiden, wenn sie in stark verdünntem Zustande *andauernd gekocht* werden, Titansäure als weisses, in verdünnten Säuren unlösliches Pulver (Metatitansäure-Hydrat) aus. Viel freie Säure verzögert die Ausscheidung und vermindert die Menge des Niederschlages. Der aus der salzsauren Lösung abgeschiedene Niederschlag lässt sich zwar abfiltriren, geht aber beim Auswaschen — wenn man nicht eine Säure oder Salmiak zusetzt — milchig durchs Filter. Aus den Auflösungen der Titansäure in Salzsäure oder Schwefelsäure fällt *Kalilauge* Titansäurehydrat als im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslichen, voluminösen, weissen Niederschlag; ebenso verhalten sich *Ammon*, *Schwefelammonium* und *kohlensaurer Baryt*. Der Niederschlag ist, kalt gefällt und mit kaltem Wasser ausgewaschen, in Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure löslich, Anwesenheit von Weinsteinsäure verhindert sein Entstehen. — *Ferrocyankalium* fällt die sauren Auflösungen der Titansäure dunkelbraun, *Galläpfelaufguss* anfangs bräunlich, bald orangeroth. Kocht man Titansäurelösungen mit *unterschwefligsaurem*

Natron, so wird alle Titansäure ausgefällt. — *Phosphorsaures Natron* fällt selbst aus stark salzsauren Lösungen die Titansäure fast vollständig als phosphorsaure Titansäure. Der ausgewaschene Niederschlag ist $2\,TiO_2$, PO_5 (Merz). — *Metallisches Zink* oder *Zinn* veranlasst, in Folge der Reduction der Titansäure zu Titanoxyd, nach einiger Zeit Blassviolett- bis Blaufärbung der Lösung, später scheidet sich ein blauer Niederschlag ab, welcher nach und nach weiss wird. Setzt man zu der blau gewordenen noch klaren Flüssigkeit Kalilauge oder Ammon, so scheidet sich blaues Titanoxydhydrat aus, welches allmählich unter Wasserzersetzung in weisses Titansäurehydrat übergeht. Die Reduction der Titansäure in salzsaurer Lösung erfolgt auch bei Gegenwart von Fluorkalium (Unterschied von Niobsäure), die Flüssigkeit nimmt in dem Falle hellgrüne Farbe an. — Die Lösungen des Titanchlorids in Wasser zeigen, je nachdem sie kalt oder heiss bereitet sind, ganz abweichende Eigenschaften. Die kalt bereitete wird weder von Schwefelsäure, noch von Salzsäure oder Salpetersäure, wohl aber von Phosphorsäure, Arsensäure und Jodsäure niedergeschlagen, — kocht man sie aber nur einige Augenblicke, so wird sie schwach opalisirend und so modificirt, dass jetzt Salzsäure und Salpetersäure weisse, im Ueberschuss der Säuren nicht wieder lösliche Niederschläge hervorbringen, Schwefelsäure fällt gleichfalls, ein Ueberschuss löst aber den Niederschlag wieder auf. Die kalt bereitete Lösung enthält Titansäure, die durch Kochen modificirte Metatitansäure. Der Unterschied überträgt sich auch auf die Hydrate (R. Weber, Poggend. Annal. 120. 287). b. Verhalten zu Alkalien. Frisch gefälltes Titansäurehydrat löst sich kaum irgend in Kalilauge. Schmelzt man Titansäure mit *Kalihydrat* und behandelt mit Wasser, so enthält die alkalische Lösung etwas mehr Titansäure. Beim Schmelzen mit *kohlensauren Alkalien* entstehen unter Austreibung von Kohlensäure neutrale titansaure Alkalien. Wasser zieht aus der Schmelze freies und kohlensaures Alkali aus, saures titansaures Alkali bleibt zurück, es löst sich in Salzsäure. — Mit Kohle gemengte Titansäure im *Chlorstrom* geglüht liefert flüssiges, flüchtiges, an der Luft stark rauchendes Titanchlorid. — *Phosphorsalz* löst Titansäure in der Spitze der äusseren Löthrohrflamme nur schwer zu einem farblosen Glase, in der äusseren Flamme vor der Spitze der inneren aber löst sie sich reichlich und leicht. Bringt man die wasserhelle Perle nun wieder an die Spitze der äusseren Flamme, so wird die Perle, wenn genügend gesättigt, trübe und bei fortgesetztem Blasen scheidet sich Titansäure in mikroskopischen Kryställchen von der Form des Anatas aus (G. Rose). Bringt man die Perle in eine gute Reductionsflamme, so erscheint sie nach längerer Einwirkung heiss gelb, halberkaltet roth, kalt violett. Die Reduction wird erleichtert durch Zusatz von etwas Zinn. Setzt man etwas Eisenvitriol zu, so erscheint die in der Reductionsflamme erzielte Perle blutroth.

10. **Tantalsäure***). Tantal bildet mit Sauerstoff die Tantalsäure, TaO_5 (Ta = 182), die Existenz eines niedrigeren Oxydes ist wahrscheinlich, aber seine Formel und Eigenschaften sind noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Die Tantalsäure kommt in den Columbiten und Tantaliten (fast immer neben Niobsäure) vor. Die Tantalsäure ist weiss, in der Hitze nur schwach gelblich (Unterschied von TiO_2), die auf nassem Wege abgeschiedene Säure enthält

*) Die Resultate der neueren Arbeiten über Tantalsäure und Niobsäure von Marignac, Blomstrand, Deville und Troost, Hermann finden sich zusammengestellt in der Zeitschrift für analyt. Chemie 5. 384 ff. und 7. 104 ff.

Hydratwasser. Die wasserfreie Säure hat ein specif. Gewicht von 7,6 — 8,01. — Durch Glühen im *Wasserstoffstrom* wird Tantalsäure nicht reducirt. Die Tantalsäure verbindet sich mit Säuren und mit Basen. a. Saure Lösungen. Durch Glühen der mit Kohle innig gemengten Säure im Strome trocknen *Chlorgases* entsteht gelbes, festes, schmelzbares und sublimirbares Tantalchlorid ($TaCl_5$), in Wasser unter Abscheidung von Tantalsäure vollständig zersetzbar, in Schwefelsäure ganz, in Salzsäure fast ganz, in Kalilauge theilweise löslich. — Enthält die Tantalsäure Titansäure, so tritt, bei Behandlung der mit Kohle gemischten Säuren im Chlorstrom, an der Luft stark rauchendes Titanchlorid auf. Hydratische Tantalsäure löst sich in *Flusssäure*, die Lösung — mit Fluorkalium versetzt — liefert ein sehr charakteristisches und durch seine Schwerlöslichkeit in mit Flussäure angesäuertem Wasser (1 : 150 — 1 : 200) ausgezeichnetes Salz ($2KFl, TaFl_5$) in feinen Nadeln. Salzsäure und concentrirte Schwefelsäure lösen die geglühte Säure nicht. Mit saurem schwefelsaurem Kali schmilzt sie zu einer farblosen Schmelze zusammen; behandelt man diese mit Wasser, so bleibt die Tantalsäure — mit Schwefelsäure verbunden — zurück (Unterschied, aber nur unvollständiges Trennungsmittel von Titansäure). In einer Atmosphäre von kohlensaurem Ammon geglüht, geht die schwefelsaure Tantalsäure in reine über. Versetzt man eine Lösung von tantalsaurem Alkali mit Salzsäure im Ueberschuss, so löst sich der erst entstandene Niederschlag wieder zur opalisirenden Flüssigkeit. *Ammon* und *Schwefelammonium* fällen daraus Hydrat oder saures tantalsaures Ammon, Weinsteinsäure hindert die Fällung. *Schwefelsäure* fällt aus der opalisirenden Lösung schwefelsaure Tantalsäure. Bringt man saure Lösungen der Tantalsäure mit Zink zusammen, so entstehen keine blauen Färbungen (Unterschied von Niobsäure). b. Verhalten zu Alkalien. Mit *Kalihydrat* andauernd geschmolzen bildet sich tantalsaures Kali. Die Schmelze löst sich in Wasser. — Mit *Natronhydrat* geschmolzen bildet sich eine trübe Schmelze. Mit wenig Wasser behandelt löst sich der Natronüberschuss, tantalsaures Natron — weil in Natronlauge unlöslich — bleibt gänzlich ungelöst, löst sich aber, nach Entfernung des Natronüberschusses, in Wasser. Natronlauge fällt das Salz aus dieser Lösung bei langsamem Zusatz krystallinisch. Kohlensäure fällt aus der Lösung der tantalsauren Alkalien saure Salze, welche sich, mit einer Lösung von kohlensaurem Natron gekocht, nicht lösen. — *Schwefelsäure* fällt aus der Lösung der tantalsauren Alkalien, auch der verdünnten, schwefelsaure Tantalsäure; — *Ferrocyankalium* und *Galläpfeltinctur* fällen erst beim Ansäuern, jenes gelb, diese hellbraun. — *Phosphorsalz* löst die Tantalsäure zur farblosen Perle, welche auch heiss so erscheint, in der inneren Flamme so bleibt und bei Eisenvitriolzusatz nicht blutroth wird (Unterschied von Titansäure).

11. **Niobsäure.** Das Niob (Nb = 94) verbindet sich mit Sauerstoff in mehreren Verhältnissen. NbO_2, NbO_4 sind Oxyde, NbO_5 (Niobsäure) ist eine Säure. Sie findet sich — meist neben Tantalsäure — im Columbit, Samarskit etc., selten. Sie ist weiss, in der Hitze vorübergehend gelb werdend (Unterschied von Tantalsäure). Ihr specif. Gewicht ist 4,37 bis höchstens 4,53 (Unterschied von der Tantalsäure). Beim heftigen Glühen in *Wasserstoff* geht die Niobsäure in schwarzes Nioboxyd (NbO_4) über. Die Niobsäure verbindet sich mit Säuren und mit Basen. a. Saure Lösungen der Niobsäure. Concentrirte *Schwefelsäure* löst die Säure, wenn sie nicht zu stark geglüht war, beim Erwärmen auf. Bei Zusatz von viel kaltem Wasser erfolgt klare Lösung. *Saures schwefelsaures Kali* löst beim Schmelzen leicht zur farblosen Schmelze, beim Behandeln der Schmelze mit siedendem Wasser bleibt schwe-

felsäurehaltige Niobsäure ungelöst, welche sich leicht in Flusssäure löst, siehe unten. Beim Behandeln der mit Kohle innig gemischten Niobsäure im *Chlorstrom* erhält man weisses unschmelzbares und schwer flüchtiges Nioboxychlorid (NbO_2Cl_3) neben gelbem flüchtigerem Niobchlorid ($NbCl_5$). Mit Wasser behandelt liefern beide Verbindungen trübe Flüssigkeiten, in denen ein Theil der Niobsäure ausgeschieden, der andere, grössere gelöst ist. Durch Kochen mit Salzsäure und nachherigen Zusatz von Wasser liefern die Verbindungen klare Lösungen, die weder durch Kochen noch auch durch Schwefelsäure in der Kälte gefällt werden (Unterschied von Tantalchlorid). Beim Glühen von Niobsäure in Niobchloriddampf entsteht Nioboxychlorid (Unterschied von Tantalsäure). Aus den sauren Lösungen der Niobsäure fällt *Ammon* oder *Schwefelammonium* Ammon enthaltendes Niobsäurehydrat. — Dieses, wie überhaupt nicht geglühte Niobsäure, löst sich in *Fluorwasserstoffsäure*. Die Lösung liefert, mit Fluorkalium versetzt, Kalium-Niobfluorid ($KFl, NbFl_5$), wenn Flusssäure vorwaltet, sonst Kalium-Nioboxyfluorid (KFl, NbO_2Fl_3). Letzteres wird auch erhalten, wenn man niobsaures Kali in Flusssäure löst, es ist in kaltem Wasser leicht löslich, 1 : 12,5 (Unterschied von Kalium-Titanfluorid, 1 : 96, und Kalium-Tantalfluorid, 1 : 500). — Digerirt man eine salzsaure oder schwefelsaure Lösung der Niobsäure mit *Zink* oder *Zinn*, so färbt sich dieselbe in Folge der Reduction der Niobsäure zu niedrigeren Oxyden blau, häufig auch braun. Bei Anwesenheit von Fluoralkalimetallen erfolgt die Reduction nicht (Unterschied von Titansäure). b. Alkalische Lösungen. Niobsäure schmilzt mit *Kalihydrat* zur klaren, in Wasser löslichen Masse. Zu *Natronhydrat* verhält sich Niobsäure wie Tantalsäure. Aus der Lösung von niobsaurem Kali fällt *Natronlauge* fast unlösliches niobsaures Natron, beim Kochen einer Lösung von niobsaurem Kali mit *doppelt kohlensaurem Kali* fällt fast unlösliches saures niobsaures Kali nieder. — Schmelzt man Niobsäure mit *kohlensaurem Natron* und kocht die Schmelze mit Wasser, so bleibt krystallinisches saures niobsaures Natron ungelöst. — *Kohlensäure* scheidet aus der Lösung des niobsauren Natrons alle Niobsäure als saures Salz ab. — *Phosphorsalz* löst reichlich, die in der äusseren Flamme erhaltene Perle erscheint, auch so lange sie heiss ist, farblos, die in der inneren Flamme zu erzielende Perle hat je nach der Menge, welche zugesetzt worden, eine violette, blaue oder braune, bei Eisenvitriol rothe Farbe.

Die Art, in welcher man am besten verfährt, um viele, ja möglichenfalls alle Glieder der ganzen dritten Gruppe neben einander zu entdecken, wird unten, im dritten Abschnitte der zweiten Abtheilung, besprochen werden.

§. 105.

Vierte Gruppe.

Häufiger vorkommende Glieder: Zinkoxyd, Manganoxydul, Nickeloxydul, Kobaltoxydul, Eisenoxydul, Eisenoxyd.
Seltener vorkommende Glieder: Uranoxyd, Thalliumoxydul, Indiumoxyd, Oxyde des Vanadiums.

Eigenschaften der Gruppe. Die Lösungen der Oxyde der vierten Gruppe werden durch Schwefelwasserstoff, wenn sie eine freie stärkere Säure enthalten, gar nicht, wenn sie neutral sind, entweder ebenfalls

nicht oder nur unvollständig, wenn sie aber alkalisch sind, oder wenn statt des Schwefelwasserstoffs ein alkalisches Schwefelmetall angewendet wird, vollständig gefällt*). Die entstehenden Niederschläge, die den Oxyden entsprechenden Schwefelmetalle, sind in Wasser unlöslich, in verdünnten Säuren zum Theil leicht, zum Theil (Schwefelnickel und Schwefelkobalt) sehr schwer löslich, in alkalischen Schwefelmetallen zum Theil nicht, zum Theil unter gewissen Umständen ein wenig (Nickel) oder auch vollständig (Vanadium) löslich. — Die Oxyde der vierten Gruppe unterscheiden sich somit von denen der ersten und zweiten Gruppe dadurch, dass ihre Lösungen durch Schwefelammonium gefällt werden, — von denen der dritten Gruppe aber dadurch, dass die durch Schwefelammonium hervorgebrachten Niederschläge Schwefelmetalle und nicht, wie es bei Thonerde, Chromoxyd etc. der Fall, Oxydhydrate sind.

Besondere Reactionen der häufiger vorkommenden Oxyde.

§. 106.

a. Zinkoxyd (ZnO).

1. Das metallische Zink ist bläulich weiss, stark glänzend, überzieht sich an der Luft mit einer dünnen Schicht von basisch kohlensaurem Zinkoxyd. Es ist von mittlerer Härte, zwischen 100° bis 150° C. dehnbar, sonst mehr oder weniger spröde, schmilzt auf der Kohle vor dem Löthrohr leicht, kommt später ins Sieden, verbrennt mit bläulichgrüner Flamme, die Luft mit weissem Rauch erfüllend, die Kohle mit Oxyd beschlagend. — Das Zink löst sich in verdünnter Salz- und Schwefelsäure unter Entwickelung von Wasserstoffgas, in verdünnter Salpetersäure unter Stickoxydul-, in concentrirter unter Stickoxyd-Entbindung.

2. Das Zinkoxyd und sein Hydrat sind weisse, in Wasser unlösliche, in Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure leicht lösliche Pulver. Das Zinkoxyd wird beim Erhitzen citronengelb, beim Erkalten wieder weiss. Vor dem Löthrohre geglüht, leuchtet es mit starkem Glanze.

3. Die Salze des Zinkoxyds sind farblos, theils in Wasser, theils in Säuren löslich. Die in Wasser löslichen neutralen Salze röthen Lackmus und werden, mit Ausnahme des Zinkvitriols, der schwache Glühhitze verträgt, beim Erhitzen leicht zersetzt. Chlorzink ist in Rothglühhitze flüchtig.

4. *Schwefelwasserstoff* fällt aus neutralen Zinklösungen einen Theil des Zinks als weisses, wasserhaltiges Schwefelzink (ZnS). — In sauren Auflösungen entsteht kein Niederschlag, wenn die anwesende freie Säure eine der stärkeren ist; aus einer Auflösung von Zinkoxyd in Essigsäure dagegen wird, auch wenn die Säure vorwaltet, alles Zink ausgefällt.

---

*) Das ganz eigenthümliche Verhalten der Vanadsäure zu Schwefelammonium siehe §. 113. d.

5. *Schwefelammonium* fällt aus neutralen, ebenso wie Schwefelwasserstoff aus alkalischen Lösungen alles Zink als wasserhaltiges Schwefelzink in Gestalt eines weissen Niederschlages. Salmiak begünstigt die Abscheidung wesentlich. Aus sehr verdünnten Lösungen scheidet sich der Niederschlag erst bei längerem Stehen ab. Derselbe wird weder von überschüssigem Schwefelammonium, noch von Kali oder Ammon gelöst; Salzsäure, Salpetersäure und verdünnte Schwefelsäure nehmen ihn leicht, Essigsäure nimmt ihn nicht auf.

6. *Kali* und *Natron* fällen aus Zinklösungen Zinkoxydhydrat (ZnO, HO) in Form eines weissen, gallertartigen Niederschlages, der von einem Ueberschuss der Fällungsmittel leicht und vollständig gelöst wird. Kocht man diese alkalischen Lösungen, so bleiben sie, wenn sie concentrirt sind, unverändert, sind sie aber verdünnt, so scheidet sich fast alles Zinkoxyd als weisser Niederschlag ab. Chlorammonium erzeugt in den alkalischen Lösungen, wenn diese keinen grossen Ueberschuss von Kali oder Natron enthalten, einen weissen Niederschlag von Zinkoxydhydrat, der sich aber bei Zusatz von mehr Chlorammonium wieder löst (Unterschied von Thonerde).

7. *Ammon* bewirkt in Zinkoxydlösungen, wenn sie keinen grossen Ueberschuss an freier Säure enthalten, ebenfalls einen Niederschlag von Zinkoxydhydrat, welcher sich im Ueberschusse des Fällungsmittels leicht löst. Die concentrirte Lösung trübt sich beim Vermischen mit Wasser. Kocht man die concentrirte Lösung, so scheidet sich ein Theil, kocht man die verdünnte, so scheidet sich alles Zinkoxyd aus. Ammonsalze beeinträchtigen oder verhindern diese Ausscheidungen.

8. *Kohlensaures Natron* bewirkt einen im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslichen Niederschlag von basisch kohlensaurem Zinkoxyd [3 (ZnO, HO) + 2 (ZnO, CO_2) + 4aq.]. Ammonsalze in grossem Ueberschusse verhindern seine Entstehung.

9. *Kohlensaures Ammon* bewirkt denselben Niederschlag wie kohlensaures Natron, mehr zugesetztes kohlensaures Ammon löst ihn wieder auf. Aus der verdünnten Lösung schlägt sich beim Kochen Zinkoxyd nieder. Ammonsalze beeinträchtigen oder verhindern diese Ausscheidung.

NB. Enthalten Zinkoxydlösungen nicht flüchtige organische Säuren, so werden die Fällungen durch reine und kohlensaure Alkalien beeinträchtigt oder verhindert. Zucker aber hindert die Fällungen nicht.

10. *Kohlensaurer Baryt* fällt in der Kälte kein Zinkoxyd aus den wässerigen Lösungen der Zinkoxydsalze, mit Ausnahme des schwefelsauren Zinkoxyds.

11. *Ferrocyankalium* fällt Ferrocyanzink (2 Zn, Cfy) als weissen, schleimigen, im Ueberschuss des Fällungsmittels etwas, in Salzsäure nicht löslichen Niederschlag.

12. *Ferridcyankalium* fällt Ferridcyanzink (3Zn, Cfdy) als bräunlich pomeranzengelben, in Salzsäure wie auch in Ammon löslichen Niederschlag.

13. Zinkoxyd oder ein Zinkoxydsalz mit *kohlensaurem Natron* gemengt und der *Reductionsflamme* ausgesetzt, beschlägt die Kohle mit einem so lange er heiss ist gelben, beim Erkalten weiss werdenden Anflug von Zinkoxyd. Derselbe wird erzeugt, indem sich das reducirte metallische Zink im Entstehungsmoment verflüchtigt und bei seinem Durchgange durch die äussere Flamme wieder oxydirt. — Der nach S. 32 zu erhaltende Metallbeschlag ist schwarz mit braunem Anflug, — der Oxydbeschlag weiss und daher auf Porzellan unsichtbar. Er lässt sich — in etwas Salpetersäure gelöst — nach 14. näher prüfen.

14. Wird Zinkoxyd oder ein Zinksalz mit *salpetersaurer Kobaltoxydullösung* befeuchtet und in der Löthrohrflamme erhitzt, so erhält man eine ungeschmolzene, schön grün gefärbte Verbindung von Zinkoxyd mit Kobaltoxydul. Befeuchtet man daher bei dem in 13. zuerst beschriebenen Versuche die Kohle in der Nähe des Grübchens mit Kobaltlösung, so erscheint der Beschlag nach dem Erkalten grün. — Die Reaction lässt sich mit grosser Empfindlichkeit auch so anstellen, dass man die Lösung eines Zinksalzes mit ganz wenig Kobaltoxydullösung versetzt (nicht mit soviel, dass die Flüssigkeit hellroth erscheint), kohlensaures Natron im geringen Ueberschuss zufügt, kocht, abfiltrirt und den ausgewaschenen Niederschlag auf einem Platinblech glüht. Beim Zerreiben des Rückstandes erkennt man die grüne Farbe leicht und deutlich (Bloxam).

§. 107.

b. Manganoxydul (MnO).

1. Das metallische Mangan ist weissgrau, wenig glänzend, sehr hart, spröde, höchst strengflüssig. Es oxydirt sich schnell an der Luft und — unter Wasserstoffentwickelung — in Wasser und zerfällt zu einem schwarzgrünen Pulver. In Säuren löst es sich leicht, die Lösungen enthalten Oxydul.

2. Das Manganoxydul ist hellgrün, sein Hydrat weiss. Ersteres verglimmt beim Erhitzen an der Luft zu braunem Oxyduloxyd, letzteres nimmt schon bei gewöhnlicher Temperatur rasch Sauerstoff aus der Luft auf und geht in braunes Oxyduloxyd-Hydrat über. In Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure sind beide leicht löslich. — Die höheren Oxyde des Mangans lösen sich ohne Ausnahme beim Erhitzen mit Salzsäure unter Chlorentwickelung zu Chlorür, beim Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure unter Sauerstoffentwickelung zu schwefelsaurem Oxydul.

3. Die Manganoxydulsalze sind farblos oder blassroth, theils in Wasser, theils in Säuren löslich. Die in Wasser löslichen zersetzen sich mit Ausnahme des schwefelsauren Manganoxyduls beim Glühen leicht. Ihre Lösungen verändern Pflanzenfarben nicht.

4. *Schwefelwasserstoff* schlägt saure Manganoxydullösungen nicht, neutrale ebenfalls nicht oder nur höchst unvollständig nieder.

5. *Schwefelammonium* fällt aus neutralen Lösungen, ebenso wie

Schwefelwasserstoff aus alkalischen, alles Mangan als wasserhaltiges Schwefelmangan (MnS) in Form eines bei geringen Mengen gelblichweiss, bei grösseren hellfleischroth erscheinenden, an der Luft dunkelbraun werdenden, in Schwefelammonium und Alkalien unlöslichen, in Salzsäure, Salpetersäure und Essigsäure leicht löslichen Niederschlages. Die Abscheidung desselben wird durch Zusatz von Salmiak wesentlich begünstigt. Aus sehr verdünnten Lösungen scheidet sich der Niederschlag erst nach längerem Stehen an einem warmen Orte aus. Oxalsaures Ammon, weinsteinsaures Ammon, vor Allem aber citronensaures Ammon verzögern die Fällung, letzteres beeinträchtigt auch die Vollständigkeit derselben. — Ist Ammon und Schwefelammonium in beträchtlichem Ueberschuss vorhanden, so geht der fleischfarbene hydratische Niederschlag zuweilen schon in der Kälte, rasch beim Kochen in grünes wasserfreies Mangansulfür über. Salmiak beeinträchtigt oder verhindert diesen Uebergang. — Lösungen, welche viel freies Ammon enthalten, neutralisire man vor der Fällung mit Schwefelammonium fast mit Salzsäure.

6. *Kali*, *Natron* und *Ammon* bewirken weissliche Niederschläge von Manganoxydulhydrat (MnO,HO), welche in Berührung mit der Luft bald bräunlich, endlich dunkel schwarzbraun werden, indem das Oxydulhydrat durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Atmosphäre in Oxyduloxydhydrat übergeht. Ammon und kohlensaures Ammon lösen den Niederschlag nicht auf, Salmiak aber verhindert die Fällung durch Ammon gänzlich, die durch Kali theilweise. Von schon gebildeten Niederschlägen werden von Salmiaksolution nur diejenigen Theile aufgelöst, welche sich noch nicht höher oxydirt haben. Die Lösung des Oxydulhydrats in Salmiak beruht auf der Neigung der Manganoxydulsalze, mit Ammonsalzen Doppelsalze zu bilden. Die ammoniakalischen Lösungen dieser Doppelsalze werden an der Luft braun und setzen dunkelbraunes Manganoxyduloxydhydrat ab.

NB. Nicht flüchtige organische Säuren können die Fällung des Manganoxyduls durch Alkalien (oder auch kohlensaure Alkalien) beeinträchtigen oder auch verhindern. Zucker beeinträchtigt oder hindert die Fällungen durch ätzende, nicht aber die durch kohlensaure Alkalien.

7. *Ferrocyankalium* fällt aus Manganoxydullösungen Manganferrocyanür (2 Mn,Cfy) als röthlich weissen, in Salzsäure löslichen Niederschlag.

8. *Ferridcyankalium* fällt aus Manganoxydullösungen Manganferridcyanür (3 Mn,Cfdy) als braunen, in Salzsäure und in Ammon nicht löslichen Niederschlag.

9. Tröpfelt man auf *Bleihyperoxyd* oder *Mennige* etwas einer Manganoxydul enthaltenden chlorfreien Flüssigkeit, fügt chlorfreie Salpetersäure zu, kocht und lässt absitzen, so erscheint die Flüssigkeit — durch entstandene Uebermangansäure (Hoppe-Seyler) — tief roth.

10. *Kohlensaurer Baryt* fällt das Manganoxydul aus den wässerigen Lösungen seiner Salze bei kalter Digestion nicht. Eine Ausnahme bildet nur das schwefelsaure Manganoxydul.

11. Wird irgend eine Manganverbindung, fein zertheilt, mit 2 bis 3 Thln. *Soda* am Platindraht oder auf einem von unten zu erhitzenden Platinblechstreifchen in der äusseren Gas- oder Löthrohrflamme geschmolzen, so entsteht mangansaures Natron ($Na\,O$, $Mn\,O_3$), welches die Probe, so lange sie heiss ist, grün, nach dem Erkalten aber, wobei sie zugleich unklar wird, blaugrün erscheinen lässt. Diese Reaction gibt die kleinsten Mengen Mangan zu erkennen.

12. *Borax* und *Phosphorsalz* lösen in der äusseren Gas- oder Löthrohrflamme Manganverbindungen zu klaren, violettrothen Gläsern auf, welche beim Erkalten amethystroth erscheinen und in der inneren Flamme, in Folge einer Reduction des Oxyds zu Oxydul, ihre Farbe verlieren. Das Boraxglas erscheint bei grossem Gehalt an Manganoxyd schwarz, das Phosphorsalzglas aber verliert seine Durchsichtigkeit niemals. Letzteres wird in der inneren Flamme weit leichter farblos als ersteres.

§. 108.

c. Nickeloxydul ($Ni\,O$).

1. Das metallische Nickel ist im geschmolzenen Zustande gelbweiss ins Graue spielend, glänzend, hart, dehnbar, strengflüssig; es oxydirt sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft nicht, beim Glühen langsam, wird vom Magnete angezogen und kann selbst magnetisch werden. Es löst sich in Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure beim Erwärmen langsam unter Entwickelung von Wasserstoffgas, in Salpetersäure löst es sich leicht. Die Lösungen enthalten Nickeloxydul.

2. Das Nickeloxydulhydrat ist hellgrün, an der Luft unveränderlich. Es geht beim Weissglühen in grünes Nickeloxydul über. Beide lösen sich in Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure leicht. — Das octaëdrisch krystallisirende Nickeloxydul dagegen löst sich nicht in Säuren, wird aber von schmelzendem saurem schwefelsaurem Kali aufgenommen. — Das Nickeloxyd ($Ni_2\,O_3$) ist schwarz, in Salzsäure unter Chlorentwickelung zu Chlorür löslich. Bei schwachem Glühen von salpetersaurem Nickeloxydul erhält man ein etwas Oxyd enthaltendes Oxydul von graugrüner Farbe.

3. Die Salze des Nickeloxyduls sind im wasserfreien Zustande meist gelb, im wasserhaltigen grün, die Lösungen derselben sind hellgrün. Die löslichen neutralen Salze röthen Lackmus schwach und zersetzen sich beim Glühen.

4. *Schwefelwasserstoff* schlägt die Lösungen der Nickeloxydulsalze mit starken Säuren bei Anwesenheit freier Säure nicht nieder, bei Abwesenheit freier Säure scheidet sich allmählich ein kleiner Theil des Nickels als schwarzes Schwefelnickel ($Ni\,S$) aus. — Essigsaures Nickeloxydul wird bei Anwesenheit freier Essigsäure nicht oder kaum gefällt, bei Abwesenheit freier Säure scheidet sich bei längerer Einwirkung des Schwefelwasserstoffs der grösste Theil des Nickels aus.

5. *Schwefelammonium* bewirkt in neutralen, ebenso wie Schwefel-

wasserstoff in alkalischen Lösungen einen schwarzen Niederschlag von wasserhaltigem Schwefelnickel (Ni S), der in Schwefelammonium, namentlich wenn es freies Ammon enthält, nicht ganz unlöslich ist, daher die Flüssigkeit, aus welcher er sich abgesetzt hat, meist eine bräunliche Farbe zeigt. Chlorammonium, mehr noch essigsaures Ammon, begünstigt die Ausfällung aufs Wesentlichste. Essigsäure nimmt das Schwefelnickel kaum, Salzsäure sehr schwierig, Königswasser aber beim Erwärmen leicht auf.

6. *Kali* und *Natron* bewirken einen hellgrünen, im Ueberschuss der Fällungsmittel unlöslichen, an der Luft und beim Kochen (auch bei Weingeistzusatz) unveränderlichen Niederschlag von Nickeloxydulhydrat (Ni O, HO). Kohlensaures Ammon löst denselben — nach dem Auswaschen — zu einer grünlich-blauen Flüssigkeit auf, aus der Kali oder Natron den Nickelgehalt als apfelgrünes Nickeloxydulhydrat fällt.

7. *Ammon*, in geringer Menge zu Nickeloxydullösungen gesetzt, bewirkt eine geringe grünliche Trübung; bei grösserem Zusatz löst sich dieselbe leicht zu einer blauen, Nickeloxydul-Ammon enthaltenden Flüssigkeit auf. Kali oder Natron fällt aus dieser Lösung Nickeloxydulhydrat. In Lösungen, welche Ammonsalze oder freie Säure enthalten, bringt Ammon keine Trübung hervor.

NB. Die Anwesenheit nicht flüchtiger organischer Säuren, wie auch die von Zucker, verhindert oder beeinträchtigt die Fällung der Nickeloxydullösungen durch Alkalien.

8. *Ferrocyankalium* fällt aus Nickeloxydulsalzlösungen Ferrocyannickel (2 Ni, Cfy) als grünlichweissen, in Salzsäure nicht löslichen Niederschlag.

9. *Ferridcyankalium* fällt gelbbräunliches, in Salzsäure nicht lösliches Ferridcyannickel (3 Ni, Cfdy).

10. *Cyankalium* bewirkt einen gelblichgrünen Niederschlag von Cyannickel (Ni Cy), der von einem Ueberschuss des Fällungsmittels leicht zu einer bräunlichgelben, an der Luft nicht dunkler werdenden Lösung von Cyannickel-Cyankalium (Ni Cy, K Cy) aufgenommen wird. Schwefelsäure und Salzsäure fällen, bei grösserer Verdünnung erst nach einiger Zeit, indem sie das Cyankalium zersetzen, aus dieser Lösung wiederum Cyannickel, welches in einem Ueberschusse dieser Säuren in der Kälte sehr schwer löslich, beim Kochen leichter löslich ist. Leitet man in die mit Natronlauge alkalisch gemachte und nöthigenfalls durch weiteren Zusatz alkalisch zu erhaltende Lösung des Cyannickel-Cyankaliums ohne zu erwärmen Chlor, so scheidet sich allmählich alles Nickel als schwarzes Oxydhydrat aus.

11. Fügt man zu einer irgend concentrirteren Lösung eines Nickeloxydulsalzes, welche man durch Ammon alkalisch gemacht hat, eine Auflösung von Kaliumsulfocarbonat*), so erhält man eine tief braunrothe,

*) Zur Bereitung sättige man eine Lösung von Kalihydrat, welche etwa 5 Proc. des-

wenig durchscheinende, bei auffallendem Lichte fast schwarz erscheinende Flüssigkeit, — ist aber die Nickellösung ausserordentlich verdünnt, so wird die Flüssigkeit bei Zusatz des Reagens zart rosenroth (C. D. Braun). Das Eintreten dieser Färbung in höchst verdünnten Lösungen ist für Nickel charakteristisch.

12. *Kohlensaurer Baryt* fällt bei kalter Digestion das Nickeloxydul nicht aus den wässerigen Lösungen seiner Salze, mit Ausnahme des schwefelsauren Nickeloxyduls.

13. *Salpetrigsaures Kali* unter Zusatz von Essigsäure fällt selbst concentrirte Nickellösungen nicht. Enthalten aber die Lösungen Kalk, Baryt oder Strontian, so entstehen in nicht zu verdünnten Lösungen gelbe krystallinische Niederschläge von salpetrigsaurem Nickeloxydul-Kalk etc., welche sich in kaltem Wasser schwer, in heissem leichter zu einer grünen Flüssigkeit lösen (Künzel, — O. L. Erdmann).

14. *Borax* und *Phosphorsalz* lösen Nickeloxydulverbindungen in der äusseren Flamme zu klaren Gläsern auf. Das Boraxglas ist heiss violett, erkaltet rothbraun, das Phosphorsalzglas ist heiss röthlich bis braunroth, erkaltet gelb oder röthlichgelb. In der inneren Flamme bleibt das Phosphorsalzglas unverändert, das Boraxglas aber wird von reducirtem Nickel grau und trübe. Bei fortgesetztem Erhitzen vereinigt sich das Nickel, ohne zu einem Korn zu schmelzen, und das Glas wird farblos.

15. Bei der Reduction im Kohlenstäbchen nach S. 31 liefern Nickeloxydulverbindungen nach dem Zerreiben der Kohle weisse, glänzende, ductile Metallflitterchen, die sich an der Spitze eines magnetischen Messers bürstenartig ansetzen. Sie liefern mit Salpetersäure eine grüne Lösung, welche weiter geprüft werden kann.

§. 109.

d. Kobaltoxydul (CoO).

1. Das metallische Kobalt ist im geschmolzenen Zustande stahlgrau, ziemlich hart, politurfähig, dehnbar, schwer schmelzbar, magnetisch; es oxydirt sich an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht, wohl aber beim Glühen, es verhält sich zu Säuren wie Nickel. Die Lösungen enthalten Kobaltoxydul.

2. Das Kobaltoxydul ist ein lichtbraunes, sein Hydrat ein blassrothes Pulver. Beide lösen sich leicht in Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure. Das Kobaltoxyd (Co_2O_3) ist schwarz, in Salzsäure unter Chlorentwickelung zu Chlorür löslich.

3. Die Krystallwasser enthaltenden Kobaltoxydulsalze sind roth, die wasserfreien meist blau gefärbt. Die nicht zu concentrirten Lösun-

---

selben enthält, zur Hälfte mit Schwefelwasserstoff, füge die andere Hälfte zu, digerire mit $^1/_{25}$ des Volums Schwefelkohlenstoff in mässiger Wärme, trenne die dunkelorangerothe Flüssigkeit von dem ungelöst gebliebenen Schwefelkohlenstoff und bewahre sie in gut verschlossener Flasche auf.

gen derselben erscheinen hellroth bis zu bedeutender Verdünnung. Die löslichen neutralen Salze röthen Lackmus schwach und zersetzen sich in der Glühhitze; nur das schwefelsaure Kobaltoxydul verträgt mässiges Glühen. — Dampft man eine Lösung von Chlorkobalt ein, so geht gegen das Ende die hellrothe Farbe in eine blaue über, — bei Zusatz von Wasser entsteht wieder eine rothe Lösung.

4. *Schwefelwasserstoff* fällt die Lösungen der Kobaltoxydulsalze mit starken Säuren, wenn sie freie Säure enthalten, nicht; wenn sie neutral sind, schlägt sich allmählich ein Theil des Kobalts als schwarzes Schwefelkobalt (Co S) nieder. — Essigsaures Kobaltoxydul wird bei Anwesenheit freier Essigsäure nicht oder kaum, bei Abwesenheit freier Säure vollständig oder fast vollständig gefällt.

5. *Schwefelammonium* fällt aus neutralen, ebenso wie Schwefelwasserstoff aus alkalischen Lösungen alles Kobalt als schwarzes, wasserhaltiges Schwefelkobalt (Co S). Chlorammonium begünstigt die Ausfällung aufs Wesentlichste. Das Schwefelkobalt ist in Alkalien und Schwefelammonium unlöslich, in Essigsäure kaum löslich, in Salzsäure sehr schwer löslich, in Königswasser beim Erwärmen leicht löslich.

6. *Kali* und *Natron* bewirken in Kobaltlösungen blaue, im Ueberschuss der Fällungsmittel unlösliche Niederschläge von basischen Kobaltsalzen. Dieselben werden an der Luft durch Sauerstoffaufnahme grün, beim Kochen gehen sie in blassrothes, meist durch gebildetes Oxyd missfarbig erscheinendes, alkalihaltiges Kobaltoxydulhydrat über. Setzt man vor dem Kochen Alkohol zu, so geht der Niederschlag rasch in dunkelbraunes Oxydhydrat über. Neutrales kohlensaures Ammon löst die gefällten basischen Kobaltsalze oder das Kobaltoxydulhydrat nach dem Auswaschen vollständig zu intensiv gefärbten violettrothen Flüssigkeiten, in welchen etwas grössere Mengen von Kali oder Natron blaue Niederschläge hervorbringen, während die Flüssigkeiten noch violett bleiben.

7. *Ammon* bewirkt denselben Niederschlag wie Kali, ein Ueberschuss des Fällungsmittels löst ihn jedoch zu einer röthlichen, beim Stehen an der Luft unter Sauerstoffaufnahme braunroth werdenden Flüssigkeit, aus welcher bei Zusatz von Kali- oder Natronlauge ein Theil des Kobalts als blaues basisches Salz gefällt wird. In Lösungen, welche Ammonsalze oder freie Säure enthalten, entsteht bei Zusatz von Ammon kein Niederschlag.

NB. Die Anwesenheit von nicht flüchtigen organischen Säuren oder von Zucker beeinträchtigt oder verhindert die Fällung des Kobaltoxyduls durch Alkalien.

8. *Ferrocyankalium* fällt aus Kobaltoxydulsalzlösungen grünes, in Salzsäure nicht lösliches Kobaltferrocyanür (2 Co, Cfy).

9. *Ferridcyankalium* fällt braunrothes, in Salzsäure nicht lösliches Kobaltferridcyanür (3 Co, Cfdy).

10. Setzt man zu einer Kobaltlösung *Cyankalium*, so entsteht ein bräunlichweisser Niederschlag von Kobaltcyanür (Co Cy), der sich in

überschüssiger Cyankaliumlösung leicht zu Cyankobalt-Cyankalium auflöst. Säuren fällen aus dieser Lösung Cyankobalt. Kocht man aber dieselbe mit überschüssigem Cyankalium und bei Anwesenheit freier Blausäure (bei Zusatz von einem oder zwei Tropfen Salzsäure), oder leitet man in die mit Kali- oder Natronlauge versetzte Flüssigkeit Chlor ohne zu erwärmen, so bildet sich Kobaltidcyankalium (K_3, Co_2 Cy_6 = K_3 Ccdy), in dessen Lösung Säuren keine Fällung bewirken (wesentlicher Unterschied von Nickel). — Fügt man zu der noch unveränderten Auflösung des Cyankobalt-Cyankaliums salpetrigsaures Kali und Essigsäure, so färbt sich die Flüssigkeit in Folge der Bildung eines Nitrocyankobaltkaliums blutroth oder bei grosser Verdünnung orangerosa. — Versetzt man die Auflösung des Cyankobalt-Cyankaliums mit Natronlauge und schüttelt, so färbt sie sich unter Sauerstoffaufnahme braun (wesentliche Unterschiede von Nickel, C. D. Braun).

11. *Kaliumsulfocarbonatlösung* färbt durch Ammoniak alkalische, irgend concentrirtere Kobaltoxydulsalzlösungen tief braun bis schwarz, höchst verdünnte weingelb.

12. Fügt man zu einer Kobaltsalzlösung etwas Weinsteinsäure oder Citronensäure, dann Ammon im Ueberschuss, endlich etwas *Ferridcyankaliumlösung*, so entsteht bei irgend concentrirteren Kobaltlösungen eine tief gelbroth gefärbte, bei höchst verdünnten aber eine rosafarbene Flüssigkeit (Skey). Sehr empfindliche Reaction, wohl geeignet, Kobalt neben Nickel zu entdecken.

13. *Kohlensaurer Baryt* verhält sich zu den Lösungen der Kobaltoxydulsalze wie zu denen des Nickeloxyduls.

14. Fügt man zu einer Kobaltoxydulauflösung *salpetrigsaures Kali* in nicht zu geringer Menge, dann Essigsäure bis zur stark sauren Reaction und stellt an einen gelinde warmen Ort, so scheidet sich bei concentrirteren Lösungen sehr bald, bei verdünnteren erst bei längerem Stehen alles Kobalt in Gestalt eines schön gelben krystallinischen Niederschlages ab (Fischer, Stromeyer). Stromeyer betrachtet denselben als salpetrigsaures Kobaltoxydkali ($Co_2 O_3, 3KO, 5NO_3, 2HO$), und seine Bildung lässt sich alsdann durch folgende Gleichung veranschaulichen: $2(CoO, SO_3) + 6(KO, NO_3) + HO, \bar{A} + HO = KO, \bar{A} + 2(KO, SO_3) + Co_2 O_3, 3KO, 5NO_3, 2HO + NO_2$ *). Der Niederschlag ist in reinem Wasser sehr merklich, in concentrirteren Lösungen der Kalisalze, wie in Weingeist nur wenig und bei Gegenwart von salpetrigsaurem Kali nicht löslich. Mit Wasser gekocht, löst er sich, jedoch nicht reichlich, zu einer rothen Flüssigkeit auf, die beim Erkalten klar bleibt und aus der Alkalien Kobaltoxydulhydrat fällen. Treffliche Reaction, sehr geeignet zur Unterscheidung und Trennung des Nickels vom Kobalt.

15. *Borax* löst Kobaltverbindungen in innerer und äusserer Flamme

*) C. D. Braun (Zeitschr. f. anal. Chem. 335) dagegen betrachtet den Niederschlag nicht als reine Verbindung, sondern als ein Gemenge verschiedener Verbindungen.

zu klaren, prächtig blauen, bei Kerzenlicht violett, bei grossem Kobaltgehalt fast schwarz erscheinenden Gläsern auf. Diese Reaction ist ebenso charakteristisch als empfindlich. Phosphorsalz verhält sich ebenso, ist aber minder empfindlich.

16. Bei der Reduction im Kohlenstäbchen nach S. 31 verhalten sich Kobaltoxydulverbindungen wie Nickeloxydulverbindungen. Die durch Salpetersäure erhaltene Lösung ist roth.

§. 110.

e. Eisenoxydul (Fe O).

1. Das metallische Eisen ist im reinen Zustande hell weissgrau (im kohlehaltigen mehr oder weniger grau), glänzend, hart, dehnbar, höchst strengflüssig, wird vom Magnet angezogen. In Berührung mit Luft und Feuchtigkeit bedeckt sich das Eisen mit Rost (Eisenoxydhydrat), beim Glühen an der Luft mit schwarzem Oxyduloxyd. — Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure lösen Eisen unter Entwickelung von Wasserstoffgas. Enthält das Eisen Kohleneisen, so ist dem Wasserstoffgas Kohlenwasserstoff beigemischt. Die Lösungen enthalten Oxydul. Verdünnte Salpetersäure löst das Eisen in der Kälte unter Stickoxydulentwickelung zu salpetersaurem Oxydul, in der Wärme unter Stickoxydentwickelung zu salpetersaurem Oxyd; bei Kohleneisen enthaltendem Eisen entwickelt sich auch etwas Kohlensäure, und es bleibt eine braune, in Alkalien lösliche humusartige Substanz, wenn Graphit zugegen, neben solchem, ungelöst.

2. Das Eisenoxydul ist schwarz, sein Hydrat weiss, im feuchten Zustande wird es unter Aufnahme von Sauerstoff schnell graugrün, endlich braunroth. Beide werden von Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure leicht gelöst.

3. Die Eisenoxydulsalze haben wasserfrei eine weisse, wasserhaltig eine grünliche Farbe; die Lösungen derselben erscheinen nur im concentrirten Zustande grünlich gefärbt. An der Luft nehmen sie Sauerstoff auf und verwandeln sich unter Fällung basischer Oxydsalze in Oxyduloxydsalze, Chlor oder Salpetersäure in Siedehitze verwandeln sie in Oxydsalze. Die löslichen neutralen Eisenoxydulsalze röthen Lackmus und werden beim Glühen zerlegt.

4. *Schwefelwasserstoff* schlägt durch stärkere Säuren saure Auflösungen von Eisenoxydulsalzen nicht, neutrale oder durch schwache Säuren angesäuerte ebenfalls nicht oder doch nur ganz unvollständig mit schwarzer Farbe nieder.

5. *Schwefelammonium* fällt aus neutralen, ebenso wie Schwefelwasserstoff aus alkalischen Lösungen alles Eisen als schwarzes, in Alkalien und alkalischen Schwefelmetallen unlösliches, in Salzsäure und Salpetersäure leicht lösliches, an der Luft durch Oxydation rothbraun werdendes wasserhaltiges Eisensulfür (Fe S). Höchst verdünnte Eisenoxydullösun-

gen werden durch Zusatz von Schwefelammonium grün gefärbt, erst bei längerem Stehen scheidet sich das Eisensulfür als schwarzer Niederschlag ab. Salmiak begünstigt die Ausfällung aufs Wesentlichste.

6. *Kali* und *Ammon* bewirken einen Niederschlag von Eisenoxydulhydrat (Fe O, H O), der im ersten Augenblicke fast weiss erscheint, durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft aber nach sehr kurzer Zeit schmutzig grün, zuletzt rothbraun wird. Ammonsalze verhindern die Fällung durch Kali theilweise, die durch Ammon ganz. Aus solchen unter Mitwirkung von Ammonsalzen erhaltenen alkalischen Eisenoxydullösungen schlägt sich, wenn sie an der Luft stehen, Eisenoxyduloxydhydrat und Eisenoxydhydrat nieder. Nicht flüchtige organische Säuren, Zucker etc. verhindern oder beeinträchtigen die Fällung der Eisenoxydulsalze durch Alkalien.

7. *Ferrocyankalium* bewirkt in Eisenoxydullösungen einen bläulich weissen Niederschlag von Kaliumeisenferrocyanür (K, Fe_3, Cfy_2), der durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft bald blau wird. Salpetersäure oder Chlor verwandeln ihn sogleich in Berlinerblau: $3\,(K, Fe_3, Cfy_2) + 4\,Cl = 3\,KCl + FeCl + 2\,(Fe_4\,Cfy_3)$.

8. *Ferridcyankalium* erzeugt einen prächtig blauen Niederschlag von Eisenferridcyanür ($Fe_3\,Cfdy$). Derselbe ist vom eigentlichen Berlinerblau in der Farbe nicht verschieden. Er ist in Salzsäure unlöslich, Kali aber zersetzt ihn mit Leichtigkeit. Bei sehr grosser Verdünnung der Eisenlösung bewirkt das Reagens nur eine dunkelblaugrüne Färbung.

9. *Schwefelcyankalium* verändert oxydfreie Eisenoxydullösungen in keiner Weise.

10. *Kohlensaurer Baryt* fällt die wässerigen Lösungen der Eisenoxydulsalze, mit Ausnahme des schwefelsauren Eisenoxyduls, in der Kälte nicht.

11. *Borax* löst Eisenoxydulverbindungen in der Oxydationsflamme zu gelben bis dunkelrothen Gläsern auf. Erkaltet erscheinen dieselben farblos bis dunkelgelb. In der inneren Flamme werden die Perlen durch Reduction des gebildeten Oxyds zu Oxyduloxyd bouteillengrün. Phosphorsalz verhält sich ähnlich, die Farbe seines Glases nimmt beim Erkalten noch stärker ab, die Reductionserscheinungen treten weniger deutlich ein.

12. Im Kohlenstäbchen nach S. 31 reducirt, liefern Eisenoxydulverbindungen ein mattes schwarzes Pulver, welches von einem magnetischen Messer angezogen wird. Das reducirte Eisen liefert — in einigen Tropfen Königswasser gelöst — eine gelbe Flüssigkeit, die nach §. 111 weiter geprüft werden kann.

§. 111.

f. Eisenoxyd ($Fe_2\,O_3$).

1. Das natürlich vorkommende krystallisirte Eisenoxyd ist stahlgrau, es gibt, wie auch Rotheisenstein und alles künstlich dargestellte, beim

Zerreiben ein braunrothes Pulver. — Das Hydrat ist mehr rothbraun. Beide werden von Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure gelöst; das Hydrat leicht, das Oxyd schwerer, und erst bei längerem Erhitzen vollständig. — Das Eisenoxyduloxyd (FeO, Fe_2O_3) ist schwarz, in Salzsäure zu Chlorür und Chlorid, in Königswasser zu Chlorid löslich.

2. Die neutralen wasserfreien Eisenoxydsalze sind fast weiss; die basischen Salze sind gelb oder rothbraun. Die Farbe der Auflösungen ist braungelb und wird beim Erhitzen rothgelb. Die löslichen neutralen Salze röthen Lackmus und zersetzen sich beim Erhitzen.

3. *Schwefelwasserstoff* bewirkt in durch stärkere Säuren sauren Lösungen eine milchig weisse Trübung von ausgeschiedenem Schwefel; gleichzeitig geht das Oxydsalz in ein Oxydulsalz über: $Fe_2O_3, 3SO_3 + HS = 2(FeO, SO_3) + HO, SO_3 + S$. In neutralen Lösungen entsteht ausser der Schwefelausscheidung bei raschem Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser eine vorübergehende Schwärzung. Aus der Lösung von neutralem essigsaurem Eisenoxyd schlägt Schwefelwasserstoff den grössten Theil des Eisens nieder, bei Anwesenheit einer genügenden Menge freier Essigsäure dagegen scheidet sich nur Schwefel aus.

4. *Schwefelammonium* fällt aus neutralen, ebenso wie Schwefelwasserstoff aus alkalischen Lösungen alles Eisen als schwarzes wasserhaltiges, mit freiem Schwefel gemengtes Eisensulfür (FeS): $Fe_2Cl_3 + 3NH_4S = 3NH_4Cl + 2FeS + S$. Bei grosser Verdünnung bewirkt das Reagens nur eine schwärzlich grüne Färbung der Flüssigkeit. Das fein zertheilte Eisensulfür setzt sich alsdann erst nach längerem Stehen ab. Salmiak begünstigt die Ausscheidung aufs Wesentlichste. Die Löslichkeitsverhältnisse des Eisensulfürs sind beim Eisenoxydul angeführt worden.

5. *Kali* und *Ammon* bewirken rothbraune, voluminöse, im Ueberschuss der Fällungsmittel wie auch in Ammonsalzen unlösliche Niederschläge von Eisenoxydhydrat ($Fe_2O_3, 3HO$). Nicht flüchtige organische Säuren oder Zucker verhindern, wenn sie in genügender Menge zugegen sind, die Fällung gänzlich.

6. *Ferrocyankalium* erzeugt auch bei sehr bedeutender Verdünnung einen prächtig blauen, in Salzsäure unlöslichen, durch Kali unter Abscheidung von Eisenoxydhydrat zersetzbaren Niederschlag von Eisenferrocyanid (Berlinerblau, Fe_4, Cfy_3): $2(Fe_2Cl_3) + 3(Cfy, 2K) = 6KCl + Fe_4Cfy_3$.

7. *Ferridcyankalium* färbt Eisenoxydlösungen dunkler rothbraun, bewirkt aber keinen Niederschlag.

8. *Rhodankalium* bringt in sauren Eisenoxydlösungen in Folge der Entstehung löslichen Eisenrhodanids eine höchst intensive blutrothe Färbung hervor, welche nicht verschwindet, wenn man ein wenig Weingeist zufügt und erhitzt (Unterschied von der ähnlichen Untersalpetersäure-Reaction, §. 158). — In Eisenoxydlösungen, welche mit essigsaurem Natron versetzt worden sind (und welche durch das entstandene essigsaure Eisenoxyd mehr oder weniger roth gefärbt sind), tritt die Bildung

des die Flüssigkeit blutroth färbenden Eisenrhodanids erst ein, wenn viel Salzsäure zugesetzt wird. Das Nämliche ist der Fall, wenn die Lösung ein Fluoralkalimetall oder ein oxalsaures Salz enthält. Mit Hülfe des Rhodankaliums lässt sich die Gegenwart des Eisenoxyds in Flüssigkeiten nachweisen, welche so verdünnt sind, dass kein anderes Reagens eine sichtbare Veränderung darin hervorbringt. Die entstandene rothe Färbung erkennt man in solchen Fällen am deutlichsten, wenn man das Proberöhrchen auf einen Bogen weisses Papier stellt und von oben hineinsieht. Die Empfindlichkeit der Reaction lässt sich noch etwas steigern, wenn man die Eisenoxyd enthaltende Lösung nach Zusatz von Salzsäure und von aus Krystallen frisch bereiteter überschüssiger Rhodankaliumlösung mit etwas Aether schwach schüttelt. Das Eisenrhodanid löst sich dann im Aether und die Aetherschicht erscheint daher mehr oder weniger roth gefärbt.

9. *Kohlensaurer Baryt* fällt schon in der Kälte alles Eisenoxyd als mit basischem Salz gemengtes Oxydhydrat.

10. Vor dem *Löthrohre* zeigen die Eisenoxydsalze dasselbe Verhalten wie die Oxydulverbindungen.

---

§. 112.

Zusammenstellung und *Bemerkungen.* Betrachtet man das Verhalten der einzelnen Oxyde der vierten Gruppe zu Kalilauge, so liegt der Gedanke nahe, dass man mit Hülfe derselben das im Ueberschusse der Kalilauge lösliche Zinkoxyd leicht von den darin unlöslichen Oxyden müsse trennen können. — Führt man aber den Versuch aus, so ergibt sich leicht, dass mit dem Eisenoxyd, Kobaltoxydul etc. nicht ganz unerhebliche Antheile von Zinkoxyd niederfallen, so zwar, dass in dem alkalischen Filtrate dieses öfters nicht mehr nachzuweisen ist. Ganz unstatthaft würde vollends diese Methode sein, wenn gleichzeitig Chromoxyd zugegen wäre, da sich kalische Lösungen von Zinkoxyd und von Chromoxyd gegenseitig ausfällen.

Betrachtet man ferner das Verhalten der einzelnen genannten Oxyde zu Salmiak und überschüssigem Ammon, so kommt man auch hierbei zu der Meinung, dass sich durch die genannten Mittel das Eisenoxyd müsse trennen lassen von Kobalt-, Nickel- und Manganoxydul sowie von Zinkoxyd. — Aber auch diese Methode, auf die gemengten Oxyde angewandt, ist ungenau, indem sich mit dem Eisenoxyd immer mehr oder weniger bedeutende Antheile der anderen Oxyde niederschlagen, so dass man bei Anwendung dieses Verfahrens kleine Mengen von Kobalt, Mangan etc. gänzlich übersehen kann.

Weit besser als mit Salmiak und Ammon lassen sich die übrigen Oxyde der vierten Gruppe von Eisenoxyd mittelst kohlensauren Baryts

trennen, indem dieser das Eisenoxyd in der That frei von Zinkoxyd und Manganoxydul und, wenn man vor dem Zusatz des kohlensauren Baryts Chlorammonium zufügt, auch fast frei von Nickel- und von Kobaltoxydul niederschlägt. — Dasselbe Ziel, zu welchem man mit Hülfe des kohlensauren Baryts zu gelangen vermag — alleinige Abscheidung des Eisenoxyds in Form eines basischen Salzes — kann man auch auf andere Art erreichen, namentlich dadurch, dass man die Lösung, nachdem man einen etwaigen Säureüberschuss durch kohlensaures Natron fast abgestumpft hat, mit essigsaurem Natron versetzt und kocht, — oder dadurch, dass man die hinlänglich verdünnte Flüssigkeit mit ziemlich viel Salmiak versetzt, vorsichtig kohlensaures Ammon zufügt, bis die Flüssigkeit — bei noch saurer Reaction — anfängt trüblich zu werden, und dann kocht. In den beiden letzteren Fällen ist das ausgeschiedene basische Eisenoxydsalz heiss abzufiltriren.

Das Manganoxydul lässt sich von Kobalt- und Nickeloxydul sowie von Zinkoxyd zweckmässig trennen, indem man die gefällten Schwefelmetalle, nach dem Auswaschen, mit mässig verdünnter Essigsäure behandelt, welche, unter Zurücklassung der übrigen, das Schwefelmangan löst. — Fällt man alsdann die eingedampfte essigsaure Lösung mit Kalilauge, so genügt die kleinste Spur eines Niederschlages, das Mangan vor dem Löthrohre mit Soda zu erkennen. — Behandelt man die in Essigsäure unlöslichen Schwefelmetalle, nach dem Auswaschen, mit ganz verdünnter Salzsäure, so löst sich unter Zurücklassung von fast allem Schwefelnickel und Schwefelkobalt das Schwefelzink, und fällt man die zuvor zur Verjagung des Schwefelwasserstoffs gekochte und stark eingeengte Flüssigkeit jetzt mit überschüssiger Kali- oder Natronlauge ohne Erwärmen, so lässt sich das Zink durch Schwefelwasserstoff im Filtrate jedenfalls nachweisen.

Trocknet man das Filter, welches das Schwefelnickel und Schwefelkobalt enthält, verbrennt es in einem kleinen Porzellanschälchen und prüft ein Theilchen des Rückstandes mit Borax vor dem Löthrohre in der inneren Flamme, so lässt sich das Kobalt auch neben dem Nickel meist mit Sicherheit erkennen; nicht ganz so einfach ist die Erkennung des Nickels neben Kobalt. Sie gelingt am besten in der Weise, dass man den Rest des Rückstandes mit etwas Königswasser erhitzt, verdünnt, filtrirt, die Lösung bis auf einen kleinen Rest eindampft, mit salpetrigsaurem Kali in nicht zu geringer Menge versetzt, dann Essigsäure zufügt bis zur stark sauren Reaction, und an einem mässig warmen Orte längere Zeit, mindestens zwölf Stunden lang, stehen lässt. Es scheidet sich dann das Kobalt als salpetrigsaures Kobaltoxydkali ab; aus dem Filtrat kann das Nickel durch Natron gefällt und der Sicherheit halber vor dem Löthrohre oder bei bedeutender Verdünnung nach §. 108. 11 geprüft werden. — Gilt es kleine Mengen von Nickel neben grösseren Mengen Kobalt zu erkennen, so empfiehlt sich in noch höherem Grade die Verwendung der mit Natronlauge versetzten Auflösung der Cyanmetalle in Cyankalium. Das Dunkelwerden derselben bei Lufteinwirkung lässt das Kobalt, die

Ausscheidung von schwarzem Nickeloxyd beim Behandeln mit Chlor das Nickel erkennen (§. 108. 10 und §. 109. 10).

Da man bei den Analysen die sämmtlichen Glieder der Gruppe in der Regel durch Fällung mit Schwefelammonium als Schwefelmetalle abscheidet, so ist es meist noch bequemer, Nickel und Kobalt, wenigstens die bei Weitem grössten Mengen derselben, von vorn herein abzuscheiden. Man behandelt zu dem Ende den feuchten Niederschlag der Schwefelmetalle mit Wasser und etwas Salzsäure unter fleissigem Umrühren, aber ohne Erwärmen. Schwefelnickel und Schwefelkobalt bleiben fast vollständig zurück, während alle anderen Schwefelmetalle sich lösen. Nach dem Abfiltriren und Auswaschen werden jene behandelt, wie dies oben angegeben wurde. Kocht man das Filtrat mit Salpetersäure, so geht das Eisen aus dem Zustande des Oxyduls, in dem es sich in der Lösung der Schwefelmetalle befand, in den des Oxyds über. Nachdem die freie Säure durch kohlensaures Natron fast abgestumpft worden, kann man es alsdann entweder durch kohlensauren Baryt in der Kälte, oder auch durch essigsaures Natron in Siedhitze, als basisches Salz abscheiden. Im Filtrate behält man schliesslich Mangan und Zink. Man fällt sie wieder mit Schwefelammonium unter Salmiakzusatz, filtrirt, wäscht und trennt sie, so wie oben angegeben, mit Essigsäure, — oder auch, nach Ausfällung des Baryts durch Schwefelsäure und nach starkem Einengen, durch Kali- oder Natronlauge. Die beim anfänglichen Behandeln der Schwefelmetalle mit verdünnter Salzsäure in Lösung gegangenen geringen Mengen von Kobalt und Nickel bleiben bei der Trennung des Schwefelzinks vom Schwefelmangan durch Essigsäure beim Schwefelzink, — im anderen Falle, bei Trennung der Oxyde durch Kali- oder Natronlauge, beim Manganoxydul. Das Schwefelzink lässt sich aus dem schwärzlichen Niederschlag durch verdünnte Salzsäure ausziehen, das Mangan aber mittelst Soda in äusserer Flamme neben Kobalt und Nickel leicht erkennen.

Bei Anwesenheit organischer nicht flüchtiger Substanzen muss die zweite, auf anfänglicher Ausfällung sämmtlicher Metalle als Schwefelmetalle beruhende Methode angewandt werden, weil die genannten organischen Substanzen die Ausfällung des Eisenoxyds durch kohlensauren Baryt beeinträchtigen oder verhindern würden.

Eisenoxydul und Oxyd erkennt man neben einander, indem man auf ersteres mit Ferridcyankalium, auf letzteres mit Ferrocyankalium oder mit Rhodankalium prüft.

Besondere Reactionen der seltener vorkommenden Oxyde der vierten Gruppe.

§. 113.

a. **Oxyde des Urans.** Das Uran kommt nur sparsam vor, in der Pechblende, dem Uranocker etc., sein Oxyd findet Anwendung zur Darstellung

gelbgrünen Glases. Das Uran bildet zwei Oxyde, das Oxydul (UO) und das Oxyd (U_2O_3). Ersteres ist braun, in Salpetersäure zu salpetersaurem Oxyd löslich. Das Hydrat des Uranoxyds ist gelb, bei 300° C. etwa verliert es sein Wasser und wird roth, beim Glühen geht es in dunkelschwarz-grünes Oxyduloxyd über. Die Lösungen des Uranoxyds in Säuren sind gelb. *Schwefelwasserstoff* verändert sie nicht, *Schwefelammonium* fällt, nach Abstumpfung der freien Säure, einen sich langsam absetzenden, in Säuren, selbst Essigsäure, leicht löslichen Niederschlag, dessen Ausfällung durch Salmiak begünstigt wird. Kalt gefällt ist derselbe chokoladebraun und enthält Uranoxysulfuret, Schwefelammonium und Wasser. Er löst sich nicht in höher geschwefeltem, wohl aber — wenn er frei von anderen Schwefelmetallen ist — sehr merklich in Einfach-Schwefelammonium zu einer schwarzen Lösung; beim Auswaschen geht der Niederschlag allmählich in gelbes Uranoxydhydrat über. Beim Erwärmen oder Kochen der mit Schwefelammonium versetzten Uranlösung zerfällt das erst gefällte Oxysulfuret in Schwefel und schwarzes Uranoxydul, welches letztere im Ueberschuss des Schwefelammoniums unlöslich ist (Remelé). Das Uranoxysulfuret (nicht aber der in Uranoxydul und Schwefel umgewandelte Niederschlag) löst sich leicht in kohlensaurem Ammon (wesentlicher Unterschied und Mittel zur Trennung des Urans vom Zink, Mangan, Eisen etc.). Bleibt das Uranoxysulfuret längere Zeit mit der durch theilweise Auflösung des Niederschlages im Schwefelammoniumüberschuss schwarz gewordenen wässerigen Flüssigkeit in Berührung, so wird es allmählich — wahrscheinlich dadurch, dass es krystallinisch wird (Remelé) — blutroth. — *Ammon*, *Kali* und *Natron* erzeugen gelbe, im Ueberschuss der Fällungsmittel unlösliche Niederschläge von Uranoxyd-Alkali. *Kohlensaures Ammon* sowie *doppeltkohlensaures Kali* oder *Natron* bewirken gelbe Niederschläge von kohlensaurem Uranoxyd-Alkali, welche sich im Ueberschuss der Fällungsmittel leicht lösen. Kali oder Natron schlagen aus solchen Lösungen alles Uranoxyd nieder. — *Kohlensaurer Baryt* fällt schon in der Kälte vollständig (wesentlicher Unterschied und Trennungsmittel von Nickel, Kobalt, Mangan und Zink). *Ferrocyankalium* fällt rothbraun (sehr empfindlich). *Phosphorsalz* und *Borax* lösen in der äusseren Flamme zu gelben, erkaltet gelbgrünen, in der inneren Flamme zu grünen Perlen.

b. **Oxyde des Thalliums.** Das Thallium kommt, aber stets nur in sehr geringer Menge, in manchen kupferhaltigen Kiesen und manchen Schwefelkiesen, in manchem Rohschwefel und angehäuft in dem Flugstaube der Bleikammern vor, deren Röstöfen mit thalliumhaltigen Kiesen beschickt werden; es findet sich zuweilen in käuflicher Schwefelsäure und Salzsäure, man hat es in Lithionglimmern, Wismuth- und Cadmiumpräparaten, in Zink-, Quecksilber- und Antimonerzen, in Pflanzenaschen, auch in einigen salinischen Wassern gefunden. — Bleiähnliches Metall von 11,86 specif. Gewicht, weich, bei 290° schmelzbar, in Weissglühhitze, im Wasserstoffstrom schon in Rothglühhitze, flüchtig, beim Biegen knisternd wie Zinn, reines Wasser nicht zersetzend, wohl aber bei Säurezusatz. Verdünnte Schwefelsäure wie auch Salpetersäure lösen Thallium leicht, Salzsäure löst es schwierig. Das Thallium bildet ein basisches Oxyd (Thalliumoxydul, TlO) und ein Oxyd ($Tl O_3$). Das Thalliumoxydul ist braun, schmelzbar, dabei Glas und Porzellan angreifend. Es löst sich in Wasser; die farblose Lösung ist alkalisch, kaustisch, absorbirt Kohlensäure. Das Thalliumoxydul löst sich auch in Weingeist. — Das Thalliumoxyd ist in Wasser unlöslich, schwarzviolett, sein Hydrat braun. Das Thalliumoxyd wird von concentrirter Schwefelsäure in der Kälte schwer angegriffen,

in der Hitze vereinigt es sich damit. Bei fortgesetztem Erhitzen entsteht unter Sauerstoffentwickelung schwefelsaures Thalliumoxydul. Mit Salzsäure liefert das Oxyd das entsprechende Chlorid, eine weisse krystallinische Masse, beim Erhitzen in Chlor und Chlorür zerfallend. — Aus den Lösungen der Thalliumoxydsalze fällen Alkalien Oxydhydrat, Schwefelwasserstoff verwandelt sie unter Abscheidung von Schwefel in Oxydulsalze, Jodkalium liefert Jod und Jodür, Salzsäure fällt nicht. — Die Thalliumoxydulsalze sind farblos, theils in Wasser leicht löslich (schwefelsaures, salpetersaures, phosphorsaures, weinsteinsaures, essigsaures Thalliumoxydul), theils schwer löslich (kohlensaures Thalliumoxydul, Thalliumchlorür), theils fast unlöslich (Thalliumjodür etc.). Beim Kochen der Thalliumoxydulsalzlösungen mit Salpetersäure geht das Thalliumoxydul nicht, beim Kochen und Eindampfen mit Königswasser aber vollständig in Oxyd über. — *Kali*, *Natron* und *Ammon* fällen die wässerigen Lösungen von Thalliumoxydulsalzen nicht, *kohlensaure Alkalien* fällen nur aus ganz concentrirten Lösungen kohlensaures Thalliumoxydul (denn 100 Thle. Wasser lösen bei 18° C. 5,23 Thle. kohlensaures Thalliumoxydul). *Salzsäure* fällt, sofern die Lösungen nicht allzu verdünnt sind, weisses, am Lichte unveränderliches, in verdünnter Salzsäure noch weniger als in reinem Wasser lösliches, sich leicht absetzendes Thalliumchlorür. — *Jodkalium* fällt selbst aus den verdünntesten Lösungen hellgelbes, in Wasser kaum irgend lösliches, in Jodkaliumlösung etwas löslicheres Thalliumjodür. — *Platinchlorid* fällt aus nicht allzu verdünnten Thalliumlösungen blass orangefarbenes, sehr schwer lösliches Thalliumplatinchlorid ($TlCl, PtCl_2$). — *Schwefelwasserstoff* fällt durch Mineralsäuren stark saure Lösungen nicht (wenn nicht arsenige Säure zugegen, in welchem Falle ein bräunlich rother, alles Arsen und einen Theil des Thalliums enthaltender Niederschlag entsteht), neutrale oder ganz schwach angesäuerte Lösungen werden unvollkommen gefällt, aus Auflösungen des Thalliumoxyduls in Essigsäure aber wird alles Thallium als schwarzes Sulfür ausgefällt. — *Schwefelammonium* fällt, ebenso wie Schwefelwasserstoff aus alkalischen Lösungen, alles gelöste Thallium als schwarzes Schwefelthallium, welches sich namentlich beim Erwärmen leicht zu Klumpen vereinigt. Dasselbe ist in Ammon, alkalischen Schwefelmetallen und Cyankaliumlösung unlöslich, es oxydirt sich an der Luft rasch zu schwefelsaurem Oxydul, löst sich in verdünnter Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure leicht, von Essigsäure aber wird es nur schwierig angegriffen. Beim Erhitzen schmilzt das Schwefelthallium zuerst, dann verflüchtigt es sich. — *Zink* fällt aus Thalliumlösungen metallisches Thallium in schwarzen Krystallblättchen. — *Farblose Flammen* werden durch Thalliumverbindungen intensiv grün gefärbt. — Das *Spectrum* der Thalliumflamme zeigt nur eine einzige, höchst charakteristische, prachtvoll smaragdgrüne Linie (vergl. die Spectrentafel). Die Erscheinung ist bei kleinen Thalliummengen nur von kurzer Dauer. Die Spectralanalyse bietet in der Regel das beste Mittel zur Entdeckung des Thalliums. Thalliumhaltige Kiese liefern die grüne Spectrallinie oft geradezu; im Rohschwefel entdeckt man das Thallium am besten, indem man erst mit Schwefelkohlenstoff die Hauptmasse des Schwefels entfernt, dann den Rückstand prüft. Bei Anwesenheit von viel Natronsalz neben sehr geringen Mengen einer Thalliumverbindung sieht man das Thalliumspectrum nur dann, wenn man die Probe etwas feucht in die Flamme bringt und das zuerst auftretende Spectrum beobachtet. — Zur Entdeckung des Thalliums auf nassem Wege eignet sich namentlich die Prüfung mit Jodkalium wegen ihrer Empfindlichkeit; bei Anwesenheit von Eisen ist dieses zuvor mittelst schwefligsauren Natrons zu reduciren.

c. **Indiumoxyd.** Das Indium ist bis jetzt nur in der Freiberger Zinkblende und dem daraus dargestellten Zinke, wie auch in Wolframerz entdeckt worden. Weisses, stark glänzendes Metall, zeigt in der Farbe Aehnlichkeit mit dem Platin, sehr weich, ductil, auf Papier abfärbend, polirbar, bleibt an der Luft und in Wasser, selbst kochendem, glänzend. Das Indium schmilzt etwa so leicht als Blei, es treibt auf der Kohle vor dem Löthrohre mit metallisch glänzender Oberfläche, färbt die Flamme blau, gibt einen in der Wärme dunkelgelben, in der Kälte hellgelben Beschlag, der sich mit der Löthrohrflamme schwierig forttreiben lässt. Das Indium löst sich in verdünnter Salz- und Schwefelsäure unter Wasserstoffentwickelung, in der Kälte langsam, beim Erwärmen rascher, es löst sich in concentrirter Schwefelsäure unter Entbindung von schwefliger Säure, in Salpetersäure, auch in verdünnter kalter, löst es sich leicht. — Das Indiumoxyd (In O) ist heiss braun, erkaltet strohgelb, färbt Glasflüsse nicht; in Wasserstoffgas oder mit Kohle geglüht, wird es leicht reducirt, — bei Mitanwendung von Flussmitteln erhält man Metallkügelchen. Das geglühte Oxyd löst sich in kalten Säuren langsam, in erhitzten rasch und vollständig. — Die Indiumsalze sind farblos, das schwefelsaure und salpetersaure Salz, wie auch das flüchtige, hygroskopische Chlorindium lösen sich leicht in Wasser. — *Alkalien* fällen aus den Lösungen weisses, voluminöses, dem Thonerdehydrat ähnlich aussehendes, in Ammon wie in Kalilauge völlig unlösliches Hydrat, Weinsäure verhindert die Fällung; — *kohlensaure Alkalien* fällen weisses, gelatinöses, kohlensaures Indiumoxyd. Der frisch gefällte Niederschlag löst sich in kohlensaurem Ammon, aber nicht in kohlensaurem Kali oder Natron; aus der Lösung in jenem scheidet er sich beim Kochen wieder ab. *Phosphorsaures Natron* fällt weiss, voluminös; *oxalsaure Alkalien* bewirken einen krystallinischen Niederschlag. Aus der fast neutralen Lösung des schwefelsauren Indiumoxyds fällt *essigsaures Natron* beim Kochen basisch schwefelsaures Indiumoxyd. — *Kohlensaurer Baryt* fällt aus Indiumsalzlösungen schon bei kalter Digestion alles Indium in Gestalt basischer Salze (wesentlicher Unterschied und Trennungsmittel von Zink, Mangan, Kobalt, Nickel und Eisenoxydul). — *Schwefelwasserstoff* fällt aus Indiumlösungen, sofern eine stärkere Säure vorwaltet, kein Schwefelindium; aus wenig sauren und verdünnten Lösungen dagegen wird in ähnlicher Art, wie es beim Zink der Fall, etwas Schwefelmetall abgeschieden; aus essigsaurer Lösung aber wird das Schwefelindium als schleimiger, schön gelber Niederschlag ausgefällt. Der aus einer mit Weinsäure und dann mit Ammon versetzten Indiumlösung durch *Schwefelammonium* abgeschiedene Niederschlag — wahrscheinlich Schwefelwasserstoff-Schwefelindium — ist weiss, wird aber beim Behandeln mit Essigsäure gelb. — Das Schwefelindium löst sich nicht in kaltem, wohl aber in heissem Schwefelammonium; beim Erkalten scheidet es sich mit weisser Farbe aus der Lösung ab. — *Ferrocyankalium* fällt weiss, *Ferridcyankalium*, *Rhodankalium* und *chromsaures Kali* fällen nicht; — *Zink* fällt metallisches Indium in weissen, glänzenden Blättchen. — Bringt man eine Indiumverbindung in eine *nicht gefärbte Flamme*, so färbt sich dieselbe eigenthümlich blauviolett. Im *Spectrum* erkennt man zwei charakteristische blaue Linien (siehe die Spectrentafel). Bei Anwendung von Chlorindium treten dieselben, namentlich In α mit grösstem Glanze, aber rasch vorübergehend, auf. Zu längerer Beobachtung des Indiumspectrums eignet sich besonders das Schwefelindium.

d. **Oxyde des Vanads.** Das Vanad kommt selten vor, in Form vanadsaurer Salze, zuweilen in kleiner Menge in Eisen- und Kupfererzen und in

Folge dessen in den bei Verhüttung derselben erfallenden Schlacken. Das Vanad bildet vier Oxyde: das Dioxyd, VO_2 (Va = 51,3), das Trioxyd (VO_3), das Tetroxyd (VO_4) und die Vanadsäure (VO_5) (Roscoe). — VO_2 ist grau, metallglänzend, in Wasser unlöslich, in verdünnten Säuren unter Wasserstoffentwickelung zu blauen, organische Farbstoffe durch Reduction bleichenden Flüssigkeiten löslich. — VO_3 ist schwarz, unlöslich, durch Glühen in Wasserstoff nicht reducirbar, an der Luft stehend langsam in VO_4 übergehend. Saure, Trioxyd enthaltende Lösungen sind grün. VO_4 ist dunkelblau, saure, es enthaltende Lösungen sind rein blau. Beim Erhitzen mit Salpetersäure oder Königswasser, beim Schmelzen mit Salpeter, wie beim Glühen in Sauerstoff oder Luft gehen die niedrigeren Oxyde in VO_5 über. Die Vanadsäure ist nicht flüchtig, schmelzbar, krystallinisch erstarrend, dunkelroth bis orangeroth. In Wasserstoff zum Rothglühen erhitzt geht sie in VO_3 über. Die Vanadsäure löst sich schwer in Wasser, röthet aber feuchtes Lackmuspapier stark. Sie verbindet sich mit Säuren und mit Basen. a. Saure Lösungen. Die stärkeren Säuren lösen die Vanadsäure zu rothen oder gelben Flüssigkeiten, welche sich beim Kochen oft entfärben. Die stark verdünnte schwefelsaure Lösung wird mit *Zink* gelinde erwärmt erst blau, dann grün, endlich lavendelblau bis violett. VO_5 ist nun zu VO_2 reducirt, daher man bei Zusatz von Ammon einen braunen Niederschlag von Dioxydhydrat erhält, der sofort Sauerstoff absorbirt. *Schweflige Säure*, *Schwefelwasserstoff* und *organische* Substanzen reduciren saure Vanadsäurelösungen auch, aber nur bis zu VO_4, daher die Flüssigkeiten nur blau werden. *Schwefelammonium* färbt braun, beim Ansäuern mit Salzsäure, besser mit Schwefelsäure, fällt braunes Fünffach-Schwefelvanad, in überschüssigem Schwefelammonium mit rothbrauner Farbe löslich. *Ferrocyankalium* fällt grün, flockig, der Niederschlag löst sich nicht in Säuren, *Galläpfeltinctur* bewirkt in von überschüssiger Säure freien Lösungen nach einiger Zeit einen blauschwarzen Niederschlag. b. Vanadsaure Salze. Die Vanadsäure bildet drei Reihen von Salzen. Ausser den gewöhnlichen, dreibasischen, welche auch allein in Mineralien vorkommen, existiren auch zwei- und einbasische. Die neutralen dreibasischen Salze sind meist gelb, die der Alkalien und einige andere gehen beim Erwärmen mit Wasser in eine farblose Modification über. Die sauren Salze sind gelbroth. Die Salze vertragen Glühhitze, die meisten sind in Wasser, alle in Salpetersäure löslich. Die vanadsauren Alkalien lösen sich in Wasser um so weniger, je mehr freies Alkali oder Alkalisalz zugegen ist. Mit *Säuren* versetzt, färben sich die Lösungen gelb oder roth, *salpetersaures Silberoxyd*, *salpetersaures Quecksilberoxydul*, *Chlorbaryum* und *essigsaures Bleioxyd* erzeugen weisse, beziehungsweise gelbe, in Säuren leicht lösliche Niederschläge, *Schwefelammonium* wirkt wie auf die sauren Lösungen, *Ferrocyankalium* fällt gelb, *Galläpfeltinctur* färbt, insbesondere die Lösungen der sauren vanadsauren Alkalien, tief schwarz. — Sättigt man die Auflösung eines vanadsauren Alkalis mit *Chlorammonium*, so scheidet sich alle Vanadsäure als in Salmiaksolution unlösliches weisses vanadsaures Ammon aus (besonders charakteristische Reaction). Der Niederschlag liefert beim Glühen Vanadsäure oder ein Gemenge derselben mit Vanadoxyd. — Schüttelt man eine angesäuerte Lösung eines vanadsauren Alkalis mit *Wasserstoffhyperoxyd*, so nimmt die Lösung eine rothe Farbe an. Fügt man Aether zu und schüttelt, so behält die Lösung ihre Farbe, der Aether bleibt ungefärbt (sehr empfindliche Reaction) (Werther). *Borax* löst die Vanadsäure in innerer und äusserer Flamme zur klaren Perle, in äusserer Flamme ist sie farblos, bei grösseren Mengen gelb, in innerer schön grün, bei grösserem Zusatz heiss bräunlich erscheinend und erst beim Erkalten grün.

§. 114.

Fünfte Gruppe.

Häufiger vorkommende Oxyde: Silberoxyd, Quecksilberoxydul, Quecksilberoxyd, Bleioxyd, Wismuthoxyd, Kupferoxyd, Cadmiumoxyd.

Seltener vorkommende Oxyde: Oxyde des Palladiums, Rhodiums, Osmiums, Rutheniums.

Eigenschaften der Gruppe. Die den angeführten Oxyden entsprechenden Schwefelmetalle sind sowohl in verdünnten Säuren als auch in alkalischen Schwefelmetallen*) unlöslich; es werden daher die Lösungen dieser Oxyde durch Schwefelwasserstoff vollständig niedergeschlagen, gleichgültig, ob sie neutral sind, ob sie freie Säure oder freies Alkali enthalten. — Der Umstand, dass die Lösungen der Oxyde der fünften Gruppe auch bei Anwesenheit einer freien stärkeren Säure durch Schwefelwasserstoff gefällt werden, unterscheidet sie von den Oxyden der vierten, wie überhaupt von den Oxyden aller früheren Gruppen.

Zu besserer Uebersicht bringen wir die häufiger vorkommenden Oxyde dieser Gruppe in zwei Abtheilungen und unterscheiden:

1. Durch Salzsäure fällbare Oxyde, nämlich Silberoxyd, Quecksilberoxydul, Bleioxyd;
2. durch Salzsäure nicht fällbare Oxyde, als Quecksilberoxyd, Kupferoxyd, Wismuthoxyd, Cadmiumoxyd.

Auf das Blei muss bei beiden Abtheilungen Rücksicht genommen werden, da die Schwerlöslichkeit seiner Chlorverbindung Verwechslung mit Quecksilberoxydul und Silberoxyd möglich macht, aber kein Mittel zu vollständiger Abscheidung von den Oxyden der zweiten Abtheilung an die Hand gibt.

Besondere Reactionen der häufiger vorkommenden Oxyde.

Erste Abtheilung: durch Salzsäure fällbare Oxyde.

§. 115.

a. Silberoxyd (Ag O).

1. Das metallische Silber ist weiss, sehr glänzend, mässig hart, sehr dehnbar, ziemlich schwer schmelzbar. Es oxydirt sich nicht beim Schmelzen an der Luft. Salpetersäure löst das Silber leicht, verdünnte Schwefelsäure und Salzsäure nicht.

---

*) Vergleiche jedoch Kupferoxyd und Quecksilberoxydul und -Oxyd, bei welchen der letztere Satz nur theilweise wahr ist.

2. Das Silberoxyd ist ein graubraunes, in Wasser nicht ganz unlösliches, in verdünnter Salpetersäure leicht lösliches Pulver. Es bildet kein Hydrat. Beim Erhitzen zerfällt es, ebenso wie das schwarze Silberoxydul (Ag_2O) und das Silberhyperoxyd (AgO_2), in Sauerstoff und metallisches Silber.

3. Die Salze des Silberoxyds sind nicht flüchtig, farblos; am Licht werden viele schwarz. Die löslichen verändern im neutralen Zustande Pflanzenfarben nicht und werden beim Glühen zersetzt.

4. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* schlagen schwarzes, in verdünnten Säuren, in Alkalien, alkalischen Schwefelmetallen und Cyankalium unlösliches Schwefelsilber (AgS) nieder, welches von kochender Salpetersäure leicht zersetzt und unter Abscheidung von Schwefel gelöst wird.

5. *Kali* und *Natron* fällen Silberoxyd in Form eines graubraunen Pulvers, welches im Ueberschuss der Fällungsmittel nicht, in Ammon aber leicht löslich ist.

6. *Ammon*, wenn es in ganz geringer Menge zu neutralen Silberoxydlösungen gesetzt wird, fällt Silberoxyd als braunen, im Ueberschuss des Ammons leicht löslichen Niederschlag. Saure Silberlösungen werden nicht gefällt.

7. *Salzsäure* und *lösliche Chlormetalle* erzeugen einen weissen, käsigen Niederschlag von Chlorsilber (AgCl). Bei sehr grosser Verdünnung lässt er die Flüssigkeit anfangs nur bläulichweiss opalisirend erscheinen, bei längerem Stehen an einem warmen Orte aber sammelt sich das Chlorsilber am Boden des Gefässes. Das weisse Chlorsilber wird unter Einfluss des Lichtes, unter Chlorverlust, erst violett, endlich schwarz; es löst sich nicht in Salpetersäure, leicht in Ammon zu Chlorsilber-Ammoniak. Aus dieser Verbindung wird es durch Säuren wieder ausgeschieden. Concentrirte Salzsäure und concentrirte Lösungen alkalischer Chlormetalle lösen, namentlich beim Erhitzen, Chlorsilber in sehr merklicher Menge auf; beim Verdünnen der Lösungen scheidet sich jedoch dasselbe wieder aus. Beim Erhitzen schmilzt das Chlorsilber ohne Zersetzung zu einer nach dem Erkalten durchscheinenden, hornartigen Masse.

8. Werden Silberverbindungen mit *Soda* gemengt und im Kohlengrübchen der inneren *Löthrohrflamme* ausgesetzt, so erhält man weisse, glänzende, dehnbare Metallkügelchen unter gleichzeitiger Bildung eines schwachen dunkelrothen Beschlages, oder auch ohne einen solchen. — Sehr leicht gelingt auch die Reduction im Kohlenstäbchen (S. 31).

§. 116.

b. Quecksilberoxydul (Hg_2O).

1. Das metallische Quecksilber ist grauweiss, spiegelnd, bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, erstarrt bei — 39° C., siedet bei 360° C.

Es löst sich in Salzsäure nicht, in verdünnter kalter Salpetersäure zu salpetersaurem Oxydul, in concentrirter heisser zu salpetersaurem Oxyd.

2. Das Quecksilberoxydul ist ein schwarzes, beim Erhitzen unter Zersetzung flüchtiges, in Salpetersäure leicht lösliches Pulver. Es bildet kein Hydrat.

3. Die Quecksilberoxydulsalze verflüchtigen sich beim Glühen, unter Zersetzung. Quecksilberchlorür und Quecksilberbromür verflüchtigen sich unzersetzt. Die Quecksilberoxydulsalze sind grösstentheils farblos. Die löslichen röthen im neutralen Zustande Lackmus; das salpetersaure Quecksilberoxydul zerfällt beim Behandeln mit viel Wasser in hellgelbes, unlösliches basisches und in lösliches saures Salz.

4. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* bewirken schwarze, in verdünnten Säuren wie auch in Schwefelammonium und in Cyankalium unlösliche Niederschläge. Dieselben sind nicht, wie man früher glaubte, Quecksilbersulfür, sondern Gemenge von Quecksilbersulfid mit fein zertheiltem metallischem Quecksilber. Einfach-Schwefelnatrium löst einen solchen Niederschlag, bei Gegenwart von etwas Aetznatron, unter Abscheidung von metallischem Quecksilber, Zweifach-Schwefelnatrium ohne solche; die Lösung enthält Quecksilbersulfid (HgS). An kochende concentrirte Salpetersäure gibt der Niederschlag Quecksilber ab unter Bildung der weissen Doppelverbindung $HgO, NO_5 + 2HgS$, — von Königswasser wird er leicht zersetzt und gelöst.

5. *Kali*, *Natron* und *Ammon* bewirken schwarze, im Ueberschuss der Fällungsmittel unlösliche Niederschläge. Die durch fixe Alkalien entstehenden Niederschläge sind Quecksilberoxydul, die durch Ammon entstehenden sind basische, Ammoniak oder Amid enthaltende Salze.

6. *Salzsäure* und *lösliche Chlormetalle* schlagen Quecksilberchlorür (Hg_2Cl) als blendend weisses, feines Pulver nieder. Kalte Salzsäure und kalte Salpetersäure nehmen dasselbe nicht auf; wird es aber mit diesen Säuren lange gekocht, so löst es sich, wenn auch sehr schwierig und langsam, indem es von Salzsäure unter Abscheidung von metallischem Quecksilber in Quecksilberchlorid umgewandelt wird, von Salpetersäure aber in Quecksilberchlorid und salpetersaures Oxyd. Königswasser und Chlorwasser lösen das Quecksilberchlorür leicht auf, indem sie es in Chlorid verwandeln. — Ammon und Kali zersetzen das Quecksilberchlorür; ersteres scheidet eine Verbindung von Quecksilber-Amidür mit Quecksilber-Chlorür (Hg_2NH_2, Hg_2Cl), letzteres Oxydul ab.

7. Bringt man auf *blankes Kupfer* einen Tropfen einer neutralen oder schwach sauren Quecksilberoxydullösung, wäscht nach einiger Zeit ab und reibt den Fleck mit Wolle, Papier u. dergl. gelinde, so erscheint er silberweiss, metallglänzend. Bei schwachem Erhitzen verschwindet die scheinbare Versilberung, indem sich das ausgeschiedene Quecksilber verflüchtigt.

8. *Zinnchlorür* bewirkt in Quecksilberoxydullösungen einen grauen

Niederschlag von metallischem Quecksilber, der sich zu Quecksilberkügelchen vereinigen lässt, wenn man, nach dem Absitzen, die Flüssigkeit abgiesst und den Niederschlag mit Salzsäure, der man auch wohl noch etwas Zinnchlorür zusetzt, kocht.

9. Werden wasserfreie Quecksilberverbindungen mit wasserfreiem *kohlensaurem Natron* innig gemengt und, mit einer Schicht von kohlensaurem Natron überdeckt, in einer unten zugeschmolzenen Glasröhre stark erhitzt, so tritt stets eine Zersetzung in der Art ein, dass metallisches Quecksilber frei wird. Es legt sich oberhalb der erhitzten Stelle als graues Sublimat an. Die Lupe oder das Mikroskop lassen erkennen, dass dasselbe aus Quecksilberkügelchen besteht. — Reibt man das Sublimat mit einem Glasstäbchen, so vereinigen sich die feinen Quecksilbertheilchen zu grösseren Kügelchen.

§. 117.

c. Bleioxyd (PbO).

1. Das metallische Blei ist bläulichgrau, auf frischem Schnitt glänzend, weich, dehnbar, leicht schmelzbar, in Weissglühhitze verdampfbar. Auf der Kohle vor dem Löthrohre geschmolzen, beschlägt es die Kohle mit gelbem Oxyd. Von Salzsäure und mässig concentrirter Schwefelsäure wird es, selbst in der Wärme, nur wenig angegriffen, verdünnte Salpetersäure dagegen löst es, namentlich beim Erhitzen, leicht.

2. Das Bleioxyd ist ein gelbes oder röthlichgelbes, heiss braunroth erscheinendes, in Glühhitze schmelzbares Pulver. Sein Hydrat ist weiss. Von Salpetersäure und Essigsäure werden beide leicht gelöst. Das Bleisuboxyd (Pb_2O) ist schwarz, die Mennige ($2PbO, PbO_2$) roth, das sogenannte Bleisesquioxyd (PbO, PbO_2) hellbraun, das Hyperoxyd (PbO_2) braun. Diese alle gehen beim Glühen an der Luft in Oxyd über. Das Hyperoxyd löst sich nicht beim Erwärmen mit Salpetersäure, aber leicht, wenn man etwas Weingeist zufügt. Die Lösung enthält salpetersaures Oxyd.

3. Die Bleioxydsalze sind nicht flüchtig, meist farblos; die löslichen röthen im neutralen Zustande Lackmus und zersetzen sich beim Glühen. Chlorblei, bei Luftzutritt geglüht, verdampft zum Theil, Bleioxyd-Chlorblei zurücklassend.

4. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* bewirken schwarze, in kalten verdünnten Säuren, in Alkalien, alkalischen Schwefelmetallen und Cyankalium unlösliche Niederschläge von Schwefelblei (PbS). Von heisser Salpetersäure wird dasselbe zerlegt. War dieselbe verdünnt, so erhält man, unter Abscheidung des Schwefels, alles Blei als salpetersaures Bleioxyd in Lösung, — war sie rauchend, so wird auch der Schwefel vollständig oxydirt und man erhält nur unlösliches schwefelsaures Bleioxyd, — war sie von mittlerer Concentration, so machen sich

beide Processe geltend, d. h. ein Theil des Bleies wird als salpetersaures Bleioxyd gelöst, der Rest als schwefelsaures Bleioxyd, zugleich mit dem unoxydirten Schwefel, abgeschieden. — Enthält eine Bleilösung ein grosses Uebermaass einer concentrirten Mineralsäure, so entsteht durch Schwefelwasserstoff erst nach dem Zusatz von Wasser oder nach theilweiser Abstumpfung der Säure durch ein Alkali ein Niederschlag. — Fällt man eine Bleilösung mit Schwefelwasserstoff bei Gegenwart von viel freier Salzsäure, so entsteht zuweilen ein rother Niederschlag von Chlorblei-Schwefelblei, der jedoch durch überschüssigen Schwefelwasserstoff allmählich in schwarzes Schwefelblei verwandelt wird.

5. *Kali*, *Natron* und *Ammon* fällen basische Salze in Form weisser Niederschläge, welche in Ammon unlöslich, in Kali und Natron aber löslich sind. In Auflösungen von essigsaurem Bleioxyd bringt (kohlensäurefreies) Ammon nicht sogleich einen Niederschlag hervor, indem sich lösliches halb- beziehungsweise drittel-essigsaures Bleioxyd bildet.

6. *Kohlensaures Natron* fällt basisch kohlensaures Bleioxyd [z. B. $6(PbO, CO_2) + PbO, HO$] als weissen, im Uebermaass des Fällungsmittels, namentlich beim Erwärmen, nicht ganz unlöslichen, in Cyankalium aber unlöslichen Niederschlag.

7. *Salzsäure* und *lösliche Chlormetalle* erzeugen in concentrirter Lösung schwere, weisse, in vielem Wasser, besonders beim Erhitzen, lösliche Niederschläge von Chlorblei ($PbCl$). Dasselbe wird von Ammon in basisches Chlorblei ($PbCl, 3PbO + HO$) verwandelt, welches ebenfalls ein weisses, aber in Wasser fast ganz unlösliches Pulver darstellt. In verdünnter Salpetersäure und Salzsäure ist das Chlorblei schwieriger löslich als in Wasser.

8. *Schwefelsäure*, auch *schwefelsaure Salze*, bewirken weisse, in Wasser und verdünnten Säuren fast unlösliche Niederschläge von schwefelsaurem Bleioxyd (PbO, SO_3). Die Fällung erfolgt aus verdünnten Lösungen und namentlich solchen, welche viel freie Säure enthalten, erst nach einiger, oft erst nach längerer Zeit. Es ist zweckmässig, einen ziemlichen Ueberschuss von verdünnter Schwefelsäure zuzusetzen. Die Empfindlichkeit der Reaction wird dadurch gesteigert, indem das schwefelsaure Bleioxyd in verdünnter Schwefelsäure unlöslicher ist als in Wasser. Am besten gelingt die Abscheidung kleiner Mengen von schwefelsaurem Bleioxyd, wenn man nach dem Zusatz der Schwefelsäure im Wasserbade so weit als möglich verdampft und dann den Rückstand mit Wasser oder besser noch — sofern dies zulässig — mit Weingeist übergiesst. Von concentrirter Salpetersäure wird das schwefelsaure Bleioxyd etwas aufgenommen, — kochende, concentrirte Salzsäure löst es etwas schwierig, Kalilauge leichter auf. Auch in den Lösungen einiger Ammonsalze, namentlich der des essigsauren Ammons, löst es sich ziemlich leicht, verdünnte Schwefelsäure fällt es wieder daraus.

9. *Chromsaures Kali* erzeugt einen gelben, in Kali leicht löslichen,

in verdünnter Salpetersäure schwer löslichen Niederschlag von chromsaurem Bleioxyd (PbO, CrO_3).

10. Bleiverbindungen geben, mit *Soda* gemengt und im Kohlengrübchen der *Reductionsflamme* ausgesetzt, sehr leicht weiche, dehnbare Metallkügelchen. Gleichzeitig beschlägt sich die Kohle mit einem gelben Anflug von Bleioxyd. — Auch im Kohlenstäbchen lässt sich die Reduction leicht bewirken.

11. Der nach S. 32 erhaltene *Blei-Metallbeschlag* ist schwarz mit braunem Anflug, der *Oxydbeschlag* hellockergelb, der *Jodidbeschlag* eigelb bis citronengelb, der *Sulfidbeschlag* geht durch Braunroth in Schwarz und verschwindet durch Schwefelammonium nicht (Bunsen).

§. 118.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die Metalloxyde der ersten Abtheilung der fünften Gruppe sind in den entsprechenden Chlorverbindungen am deutlichsten charakterisirt, indem uns das verschiedene Verhalten dieser letzteren zu Wasser und Ammon sowohl Erkennung als auch Scheidung derselben gestattet. Kocht man nämlich den die drei Chlormetalle enthaltenden Niederschlag mit etwas viel Wasser, oder übergiesst man ihn wiederholt auf dem Filter mit siedendem Wasser, so löst sich das Chlorblei auf, während Chlorsilber und Quecksilberchlorür ungelöst bleiben. Behandelt man alsdann diese mit Ammon, so wird das Quecksilberchlorür in den oben genauer bezeichneten schwarzen, im Ueberschuss des Ammons unlöslichen Niederschlag verwandelt, während sich das Chlorsilber im Ammon leicht löst und aus dieser Lösung beim Zusatz von Salpetersäure wieder niederfällt. (Bei kleinen Quantitäten ist es gut, zuvor den grössten Theil des Ammons durch Erhitzen zu verjagen.) — In der wässerigen Chlorbleilösung lässt sich das Blei durch Schwefelsäure leicht entdecken.

Zweite Abtheilung der häufiger vorkommenden Oxyde der fünften Gruppe. Durch Salzsäure nicht fällbare Oxyde.

§. 119.

a. Quecksilberoxyd (HgO).

1. Das Quecksilberoxyd erscheint entweder hochroth, krystallinisch, beim Zerreiben ein mattes gelbrothes Pulver gebend, oder, aus der Lösung des salpetersauren Oxyds oder des Chlorids gefällt, als gelbes Pulver. Das Quecksilberoxyd ist in Wasser nicht ganz unlöslich, es wird im Lichte grau, beim Erhitzen nimmt es vorübergehend eine dunklere Farbe an, in schwacher Glühhitze zerfällt es in Sauerstoff und Quecksilber. Von Salzsäure und Salpetersäure werden beide Modificationen leicht gelöst.

2. Die Salze des Quecksilberoxyds verflüchtigen sich beim Glühen unter Zersetzung, Quecksilber-Chlorid, -Bromid und -Jodid unzersetzt, auch beim Kochen von Quecksilberchloridlösung verflüchtigt sich solches mit den Wasserdämpfen. Die Salze sind meistentheils farblos. Die löslichen röthen im neutralen Zustande Lackmus. Das salpetersaure und das schwefelsaure Quecksilberoxyd werden durch viel Wasser in saure lösliche und basische unlösliche Salze zersetzt.

3. Wird *Schwefelwasserstoffwasser* oder *Schwefelammonium* in sehr geringer Menge zu Quecksilberoxydlösungen gesetzt, so erhält man nach dem Umschütteln einen völlig weissen Niederschlag; ein etwas grösserer Zusatz bewirkt, dass der Niederschlag gelb, orange bis braunroth wird; ein Ueberschuss der Fällungsmittel aber erzeugt ein rein schwarzes Präcipitat von Quecksilbersulfid (Hg S). Diese je nach der Menge des Schwefelwasserstoffs eintretende Farbenveränderung des Niederschlages unterscheidet das Quecksilberoxyd von allen anderen Körpern. Sie hat ihre Begründung darin, dass zuerst eine weisse Doppelverbindung von Quecksilbersulfid mit unzersetztem Quecksilberoxydsalz (bei Quecksilberchlorid z. B. $HgCl + 2HgS$) entsteht, welche dann in an Sulfid reichere gelbe und braune Verbindungen und endlich in reines Sulfid übergeht. — Das Quecksilbersulfid wird von Schwefelammonium nur in geringen Spuren gelöst, am wenigsten löst sich, wenn man mit gelbem Schwefelammonium heiss digerirt. Kali und Cyankalium lösen das Quecksilbersulfid nicht, in Salzsäure und in Salpetersäure ist es selbst beim Kochen ganz unlöslich. Bei sehr lange dauernder Einwirkung von heisser concentrirter Salpetersäure geht es in die weisse Verbindung $2HgS + HgO, NO_5$ über. — Schwefelkalium und Schwefelnatrium nehmen es bei Gegenwart von etwas ätzendem Kali oder Natron vollständig auf, in Schwefelwasserstoff-Schwefelkalium oder Schwefelwasserstoff-Schwefelnatrium aber ist es unlöslich. — Königswasser zersetzt und löst es mit Leichtigkeit. — Enthält eine Quecksilberoxydlösung ein grosses Uebermaass von concentrirter Mineralsäure, so entsteht durch Schwefelwasserstoff erst nach Zusatz von Wasser ein Niederschlag.

4. *Kali* bewirkt, in unzureichender Menge zu neutralen oder schwach sauren Quecksilberoxydlösungen gesetzt, einen rothbraunen, im Ueberschuss zugefügt, einen gelben Niederschlag. Der erstere ist ein basisches Salz, der gelbe hingegen Quecksilberoxyd. Ein Ueberschuss des Fällungsmittels löst die Niederschläge nicht auf. In sehr sauren Auflösungen tritt die Reaction entweder nicht, oder nur unvollständig ein; bei Gegenwart von Ammonsalzen entstehen weder rothbraune, noch gelbe, sondern weisse Niederschläge. Der, welcher bei Gegenwart von überschüssigem Salmiak aus Quecksilberchloridlösung gefällt wird, steht in seiner Zusammensetzung dem in 5. aufgeführten Niederschlage nahe.

5. *Ammon* bewirkt ganz ähnliche weisse Niederschläge, wie Kali bei Gegenwart von Salmiak; so fällt es z. B. aus Sublimatlösung Chlordimerkurammonium (NH_2Hg_2Cl).

6. *Zinnchlorür* bewirkt, in geringer Menge zu Quecksilberchloridlösung oder zur Lösung eines Quecksilberoxydsalzes bei Gegenwart von Salzsäure gesetzt, Abscheidung von Quecksilberchlorür ($2\,HgCl + SnCl = Hg_2Cl + SnCl_2$); setzt man eine grössere Menge des Reagens zu, so wird das erst gefällte Chlorür zu Metall reducirt ($Hg_2Cl + SnCl = Hg_2 + SnCl_2$). Der zuerst weisse Niederschlag wird daher grau und lässt sich — nach dem Absitzen — durch Kochen mit Salzsäure und etwas Zinnchlorür zu Kügelchen vereinigen.

7. Bringt man in eine mit Salzsäure angesäuerte Quecksilberoxydlösung ein kleines galvanisches Element, gebildet aus einem Platinblech und einem Stanniolblatt, welche an einem Ende durch eine kleine Holzklammer zusammengehalten werden und sich sonst nicht berühren, so schlägt sich allmählich alles Quecksilber — und zwar vorzugsweise auf dem Platinblech — nieder. Rollt man das herausgenommene, nach dem Trocknen, zusammen und glüht es in einer Glasröhre stark, so erhält man ein Sublimat von Quecksilberkügelchen, welche sich schon so, besser aber noch mit dem Mikroskope, erkennen lassen. Beim Erhitzen mit etwas Jod gehen sie in rothes Quecksilberjodid über (van den Broek).

8. Zu metallischem *Kupfer* und mit kohlensaurem Natron gemengt beim Erhitzen in einer Glasröhre, verhalten sich die Quecksilberoxydsalze wie die des Oxyduls.

§. 120.

b. Kupferoxyd (CuO).

1. Das metallische Kupfer hat eigenthümlich rothe Farbe und starken Glanz, ist mässig hart, dehnbar, schmilzt ziemlich schwer, überzieht sich in Berührung mit Wasser und Luft mit grünem, basisch kohlensaurem Oxyd, beim Glühen an der Luft mit Oxydul und Oxyd. In Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure löst sich das Kupfer selbst beim Kochen nicht oder kaum, in Salpetersäure leicht. Concentrirte Schwefelsäure verwandelt es unter Entwickelung von schwefliger Säure in schwefelsaures Oxyd.

2. Das Kupferoxydul ist roth, sein Hydrat gelb, beide gehen — an der Luft geglüht — in Oxyd über. Beim Behandeln des Oxyduls mit verdünnter Schwefelsäure scheidet sich metallisches Kupfer aus, während sich schwefelsaures Kupferoxyd löst, beim Behandeln mit Chlorwasserstoffsäure bildet sich weisses Kupferchlorür, welches sich in einem Ueberschuss der Säure löst, aus dieser Lösung aber durch Wasser wieder gefällt wird.

3. Das Kupferoxyd ist ein schwarzes, feuerbeständiges Pulver. Sein Hydrat (CuO, HO) ist hellblau. In Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure lösen sich beide mit Leichtigkeit.

4. Die neutralen Kupferoxydsalze sind meistens in Wasser lös-

lich, die löslichen röthen Lackmus und erleiden, mit Ausnahme des Kupfervitriols, welcher eine etwas höhere Temperatur verträgt, schon in gelinder Glühhitze eine Zersetzung. Sie haben meist im wasserfreien Zustande eine weisse, im wasserhaltigen eine blaue oder grüne Farbe, welche ihre Lösungen noch bei ziemlicher Verdünnung zeigen.

5. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* erzeugen in alkalischen, neutralen und sauren Lösungen braunschwarze Niederschläge von Kupfersulfid (CuS). Dasselbe löst sich weder in verdünnten Säuren, noch in kaustischen Alkalien. Heisse Lösungen von Schwefelkalium und Schwefelnatrium nehmen es nicht oder doch nur sehr wenig auf; in Schwefelammonium aber löst sich etwas mehr; namentlich wenn dasselbe sehr gelb ist und heiss einwirkt, daher dieses Reagens zur Trennung des Kupfersulfids von anderen Schwefelmetallen weniger geeignet ist. Von kochender Salpetersäure wird das Schwefelkupfer leicht zersetzt und gelöst, von kochender verdünnter Schwefelsäure dagegen gar nicht. Cyankaliumlösung nimmt es vollständig auf. — Enthält eine Kupferlösung ein Uebermaass einer concentrirten Mineralsäure, so entsteht durch Schwefelwasserstoff erst nach dem Zusatz von Wasser ein Niederschlag.

6. *Kali* oder *Natron* bewirkt einen hellblauen, voluminösen Niederschlag von Kupferoxydhydrat (CuO, HO). Derselbe wird bei Ueberschuss des Fällungsmittels, wenn die Lösungen sehr concentrirt sind, nach einiger Zeit schon in der Kälte, sogleich aber beim Kochen mit der (nöthigenfalls verdünnten) Flüssigkeit, in welcher er suspendirt ist, schwarz und verliert seine voluminöse Beschaffenheit. Das Oxydhydrat CuO, HO geht dabei in das wasserärmere Hydrat 3 CuO, HO über.

7. *Kohlensaures Natron* fällt wasserhaltiges basisch kohlensaures Kupferoxyd ($CuO, CO_2 + CuO, HO$) als grünlich blauen, beim Kochen in braunschwarzes Oxydhydrat übergehenden, in Ammon zu einer lasurblauen, in Cyankalium zu einer farblosen Flüssigkeit löslichen Niederschlag.

8. *Ammon* bewirkt, in geringer Menge zur Lösung neutraler Kupferoxydsalze gesetzt, einen grünlich blauen Niederschlag eines basischen Kupfersalzes. Derselbe löst sich in mehr zugesetztem Ammon sehr leicht zu einer vollkommen klaren, prächtig lasurblauen Flüssigkeit, welche ihre Farbe dem entstandenen basischen Kupferoxydammoniaksalz verdankt. So bildet sich z. B. bei schwefelsaurem Kupferoxyd: $NH_3, CuO + NH_4O, SO_3$. In Lösungen, welche eine gewisse Menge freier Säure enthalten, entsteht durch Ammon kein Niederschlag, sondern es tritt, sobald letzteres vorwaltet, sogleich die lasurblaue Färbung ein. Dieselbe ist nur bei grosser Verdünnung nicht mehr sichtbar. Kali bewirkt in einer solchen blauen Lösung in der Kälte erst nach längerem Stehen einen Niederschlag von blauem Oxydhydrat, beim Kochen aber wird dadurch der gesammte Kupfergehalt als schwarzes Oxydhydrat gefällt. Kohlensaures Ammon zeigt zu Kupfersalzen dasselbe Verhalten wie reines Ammon.

NB. Bei Anwesenheit nicht flüchtiger organischer Säuren werden die Kupfersalze durch reine oder kohlensaure Alkalien nicht gefällt, die entstehenden alkalischen Lösungen sind tief blau. In Zucker oder ähnliche organische Substanzen enthaltenden Lösungen bewirken ätzende Alkalien im Ueberschuss derselben lösliche Fällungen, kohlensaures Natron aber gibt einen bleibenden Niederschlag.

9. *Ferrocyankalium* erzeugt bei mässiger Verdünnung einen rothbraunen Niederschlag von Ferrocyankupfer (Cu_2, Cfy), bei sehr starker Verdünnung dagegen nur eine röthliche Färbung. Der Niederschlag ist in verdünnten Säuren unlöslich, von Kali aber wird er zersetzt.

10. Versetzt man die Lösung eines Kupferoxydsalzes mit schwefliger Säure oder mit etwas Salzsäure und schwefligsaurem Natron und fügt *Rhodankalium* zu, so entsteht ein in Wasser und verdünnten Säuren so gut als unlöslicher weisser Niederschlag von Kupferrhodanür (Cu_2, CyS_2).

11. *Metallisches Eisen* überzieht sich in Berührung mit Kupferlösungen, wenn diese concentrirt sind, fast augenblicklich, bei grosser Verdünnung aber erst nach einiger Zeit mit einem kupferrothen Ueberzug von metallischem Kupfer. Etwas freie Säure beschleunigt die Reaction. — Giesst man eine Kupfer und etwas freie Salzsäure enthaltende Flüssigkeit in ein *Platinschälchen* (den Deckel eines Tiegels) und bringt ein Stückchen *Zink* hinzu, so überzieht sich die blanke Platinfläche sehr bald mit einem auch bei sehr verdünnten Lösungen deutlichen Kupferüberzug. — Statt dieser Combination kann man auch einen starken *Platindraht* in die schwach angesäuerte Lösung stellen, dessen Ende spiralförmig gewunden ist, und in dessen Spirale man ein Stückchen Eisendraht gesteckt hat. Nach längerer Einwirkung zeigt sich der Platindraht mit Kupfer überzogen.

12. Werden Kupferverbindungen mit *Soda* gemengt und im Kohlengrübchen der inneren *Löthrohrflamme* ausgesetzt, so erhält man ohne gleichzeitigen Beschlag regulinisches Kupfer, die Reduction gelingt auch im Kohlenstäbchen (S. 31) sehr gut. Man erkennt das reducirte Kupfer am besten, wenn man die Masse sammt den sie umgebenden Kohletheilchen in einem kleinen Mörser mit Wasser zerreibt und das Kohlenpulver abschlämmt. Die kupferrothen Metallflitterchen bleiben alsdann zurück.

13. Bringt man Kupfer, eine Kupfer enthaltende Legirung, eine Spur eines Kupfersalzes, ja nur einen mit dem Oehr in ganz verdünnte Kupferlösung getauchten Platindraht in den Schmelzraum der *Gasflamme* oder in die innere *Löthrohrflamme*, so färbt sich die obere oder äussere Flamme prächtig smaragdgrün. Zusatz von Salzsäure zur Probe oder Lösung steigert die Schönheit dieser höchst empfindlichen Reaction. Die Flamme erscheint dann aussen azurblau.

14. *Borax* löst in der äusseren Gas- oder Löthrohrflamme Kupferoxyd leicht. Die Perlen erscheinen heiss grün, kalt blau. In der inneren Flamme werden sie bei nicht zu grossem Kupfergehalt farblos, erkaltend roth und undurchsichtig. In dem unteren Reductionsraum der Bunsen'schen Gasflamme werden die Perlen nicht für sich, aber leicht nach Zusatz von etwas Zinnoxyd durch entstandenes Kupferoxydul rothbraun. Bringt man eine Perle abwechselnd in den unteren Oxydations- und Reductionsraum, so wird sie rubinroth und durchsichtig.

§. 121.

c. Wismuthoxyd (BiO_3).

1. Das metallische Wismuth ist röthlich zinnweiss, von mässigem Glanz, mittelmässig hart, spröde, schmilzt leicht, beschlägt beim Schmelzen auf Kohle dieselbe mit gelbem Oxyd, löst sich leicht in Salpetersäure, kaum in Salzsäure, nicht in verdünnter Schwefelsäure. Concentrirte Schwefelsäure verwandelt das Wismuth unter Entbindung von schwefliger Säure in schwefelsaures Oxyd.

2. Das Wismuthoxyd ist ein gelbes, beim Erhitzen vorübergehend dunkelgelb werdendes, in der Rothglühhitze schmelzbares Pulver. Das Wismuthoxydhydrat ist weiss. Beide werden von Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure leicht gelöst. Das grauschwarze Wismuthoxydul (BiO_2) und die rothe Wismuthsäure (BiO_5) gehen beim Glühen an der Luft in Oxyd, beim Erhitzen mit Salpetersäure in salpetersaures Oxyd über.

3. Die Wismuthoxydsalze sind nicht flüchtig, die meisten werden beim Glühen zersetzt; Chlorwismuth ist flüchtig. Die Wismuthoxydsalze sind farblos oder weiss, in Wasser theils löslich, theils unlöslich. Die löslichen röthen im neutralen Zustande Lackmus und werden durch viel Wasser in der Art zerlegt, dass sich unlösliche basische Salze abscheiden, der grösste Theil der Säure aber nebst etwas Wismuthoxyd in Lösung bleibt.

4. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* bewirken in neutralen und sauren Lösungen schwarze, in verdünnten Säuren, in Alkalien, alkalischen Schwefelmetallen und Cyankalium unlösliche Niederschläge von Schwefelwismuth (BiS_3). Kochende Salpetersäure zersetzt und löst es leicht. Wismuthlösungen, welche einen sehr bedeutenden Ueberschuss von Salzsäure oder Salpetersäure enthalten, werden erst nach dem Verdünnen mit Wasser von Schwefelwasserstoff gefällt.

5. *Kali* und *Ammon* fällen Wismuthoxydhydrat als weissen, im Ueberschuss der Fällungsmittel unlöslichen Niederschlag.

6. *Kohlensaures Natron* und *kohlensaures Ammon* fällen basisch kohlensaures Wismuthoxyd (BiO_3, CO_2) als weissen, voluminösen,

im Ueberschuss der Fällungsmittel sowie in Cyankalium unlöslichen Niederschlag. Erwärmen begünstigt die Fällung.

7. *Zweifachchromsaures Kali* schlägt chromsaures Wismuthoxyd (BiO_3, $2CrO_3$) als gelbes Pulver nieder. Dasselbe unterscheidet sich von chromsaurem Bleioxyd dadurch, dass es in verdünnter Salpetersäure leicht löslich, in Kali unlöslich ist.

8. *Verdünnte Schwefelsäure* fällt eine nur einigermaassen verdünnte Lösung von salpetersaurem Wismuthoxyd nicht. Verdampft man bei Schwefelsäureüberschuss im Wasserbade zur Trockne, so bleibt eine weisse, in mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser stets klar lösliche Salzmasse (charakteristischer Unterschied von Bleioxyd). Bei längerem Stehen dieser Lösung scheidet sich (aber oft erst nach Tagen) basisch schwefelsaures Wismuthoxyd (BiO_3, SO_3 + 2 aq.) in weissen, mikroskopischen, nadelförmigen Kryställchen ab, welche sich in Salpetersäure lösen.

9. Die Reaction, welche das Wismuthoxyd besonders auszeichnet, ist die Zerlegbarkeit seiner neutralen Salze durch *Wasser* unter Abscheidung basischer unlöslicher Salze. Wird daher eine Wismuthlösung mit vielem Wasser verdünnt, so entsteht, wenn keine zu grosse Menge freier Säure zugegen ist, sogleich ein blendend weisser Niederschlag. Bei Chlorwismuth ist die Reaction am empfindlichsten, indem das basische Chlorwismuth ($BiCl_3$, $2BiO_3$) in Wasser fast absolut unlöslich ist. Entsteht in salpetersauren Lösungen, in Folge der Anwesenheit einer zu grossen Menge freier Säure, durch Wasser kein Niederschlag, so entsteht er doch fast immer sogleich, wenn man Chlornatriumlösung oder Chlorammoniumlösung zufügt. Weinsteinsäure verhindert die Fällung der Wismuthlösungen durch Wasser nicht.

10. Versetzt man die Auflösung eines Wismuthsalzes mit einer Auflösung von Zinnchlorür in Kali- oder Natronlauge, und zwar im Ueberschuss, so entsteht ein schwarzer Niederschlag von Wismuthoxydul (BiO_2). Sehr charakteristische und empfindliche Reaction.

11. Werden Wismuthverbindungen mit *Soda* gemengt im Kohlengrübchen der *Reductionsflamme* ausgesetzt, so erhält man spröde, unter dem Hammer zerspringende Wismuthkörner. Gleichzeitig beschlägt sich die Kohle mit einem geringen, heiss orangefarbigen, kalt gelben Anflug von Oxyd. — Auch im Kohlenstäbchen (S. 31) gelingt die Reduction leicht. Beim Zerreiben des das reducirte Wismuth enthaltenden Endes erhält man gelbliche Metallflitterchen.

12. Der nach S. 32 zu erhaltende Wismuth-*Metallbeschlag* ist schwarz mit braunem Anflug, der *Oxydbeschlag* gelblich weiss (wird mit Zinnchlorür und Natronlauge schwarz, vergl. 10, — Unterschied von Bleioxydbeschlag), der *Jodidbeschlag* bläulichbraun mit rothem Anflug, vorübergehend verhauchbar, der *Sulfidbeschlag* umbrabraun mit kaffeebraunem Anflug, durch Schwefelammonium nicht verschwindend (Bunsen).

§. 122.

d. Cadmiumoxyd (Cd O).

1. Das metallische Cadmium ist zinnweiss, glänzend, nicht sehr hart, dehnbar, schmilzt unter der Rothglühhitze, verdampft etwas über dem Siedepunkte des Quecksilbers, lässt sich daher in einer Glasröhre leicht sublimiren. Vor dem Löthrohre auf Kohle erhitzt, entzündet es sich und verbrennt mit braunem, die Kohle beschlagendem Rauche von Oxyd. Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure lösen es unter Wasserstoffentwickelung auf, am leichtesten aber wird es von Salpetersäure gelöst.

2. Das Cadmiumoxyd ist ein braunes, feuerbeständiges Pulver. Sein Hydrat ist weiss. In Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure sind beide leicht auflöslich.

3. Die Cadmiumoxydsalze sind farblos oder weiss, zum Theil in Wasser löslich. Die löslichen röthen im neutralen Zustande Lackmus und werden beim Glühen zersetzt.

4. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* bewirken in alkalischen, neutralen und sauren Lösungen lebhaft gelbe, in verdünnten Säuren, in Alkalien, alkalischen Schwefelmetallen und Cyankalium (Unterschied von Kupfer) unlösliche Niederschläge von Schwefelcadmium (Cd S). Kochende Salpetersäure sowie kochende Salzsäure und kochende verdünnte Schwefelsäure (Unterschied von Kupfer) zersetzen und lösen es mit Leichtigkeit. Lösungen mit zu grossem Säureüberschuss werden durch Schwefelwasserstoff erst nach dem Verdünnen gefällt.

5. *Kali* oder *Natron* bewirken einen weissen, im Ueberschuss der Fällungsmittel unlöslichen Niederschlag von Cadmiumoxydhydrat (Cd O, H O).

6. *Ammon* schlägt ebenfalls weisses Oxydhydrat nieder, überschüssiges Ammon aber löst den Niederschlag wieder leicht und vollständig zur farblosen Flüssigkeit auf.

7. *Kohlensaures Natron* und *kohlensaures Ammon* bewirken weisse, im Ueberschuss der Fällungsmittel unlösliche Niederschläge von kohlensaurem Cadmiumoxyd (Cd O, CO_2). Ammonsalze beeinträchtigen die Fällung wesentlich, freies Ammon hindert sie. Von Cyankaliumlösung wird der Niederschlag leicht aufgenommen. Aus verdünnten Lösungen setzt er sich erst bei längerem Stehen ab, Erwärmen befördert die Abscheidung wesentlich.

8. *Rhodankalium* fällt Cadmiumsalzlösungen nicht, auch nicht nach Zusatz von schwefliger Säure (Unterschied von Kupfer).

9. Werden Cadmiumverbindungen mit *Soda* gemengt und im Kohlengrübchen der *Reductionsflamme* ausgesetzt, so beschlägt sich die Kohle, indem das reducirte Metall sogleich wieder verflüchtigt und beim Durchgange durch die äussere Flamme oxydirt wird, mit einem braungelben

Anflug von Cadmiumoxyd, der sich am deutlichsten nach dem Erkalten wahrnehmen lässt.

10. Der nach S. 32 zu erhaltende Cadmium-*Metallbeschlag* ist schwarz, mit braunem Anflug, der *Oxydbeschlag* braunschwarz, durch braun in einen weissen Anflug übergehend, der *Jodidbeschlag* ist weiss, der *Sulfidbeschlag* citronengelb, durch Schwefelammonium nicht verschwindend (Bunsen).

---

§. 123.

Zusammenstellung und *Bemerkungen.* Die Metalloxyde der zweiten Abtheilung der fünften Gruppe können, wie angeführt, vom Quecksilberoxydul und Silberoxyd durch Salzsäure vollständig, vom Bleioxyd aber nur unvollständig geschieden werden. Spuren von Quecksilberoxydsalz, welche anfangs von dem gefällten Chlorsilber durch Flächenanziehung zurückgehalten werden, gehen beim Auswaschen vollständig in Lösung über (G. J. Mulder). — Das Quecksilberoxyd ist von den anderen durch die Unlöslichkeit der ihm entsprechenden Schwefelungsstufe in kochender Salpetersäure unterschieden. Dieses Verhalten bietet ein bequemes Mittel zu seiner Trennung dar; man hat nur dabei zu beachten, dass man die Schwefelmetalle, bevor man sie mit Salpetersäure kocht, von etwa anwesendem Chlorwasserstoff oder Chlormetall durch Auswaschen vollständig befreit. Die Reactionen mit Zinnchlorür oder metallischem Kupfer, wie auch die auf trocknem Wege, lassen es ausserdem, wenn das Oxydul entfernt ist, mit Leichtigkeit erkennen. — Wählt man den nassen Weg, so bringt man das Schwefelquecksilber am besten in Lösung, indem man es mit Salzsäure und einem Körnchen chlorsauren Kalis erhitzt. — Von den noch übrigen Oxyden scheidet sich das Bleioxyd bei Zusatz von Schwefelsäure aus. Die Abscheidung ist am vollständigsten, wenn man die Flüssigkeit nach Zusatz von überschüssiger verdünnter Schwefelsäure im Wasserbade verdampft, den Rückstand mit etwas Schwefelsäure enthaltendem Wasser verdünnt und das unlöslich gebliebene schwefelsaure Bleioxyd sogleich abfiltrirt. Dasselbe kann auf trocknem Wege nach §. 117. 10 oder auch auf folgende Weise näher geprüft werden. Man übergiesst ein Theilchen mit etwas Lösung von chromsaurem Kali und erwärmt. Der weisse Niederschlag geht hierdurch in gelbes chromsaures Bleioxyd über. Wäscht man dieses aus, fügt etwas Kali- oder Natronlauge zu und erwärmt, so löst sich der Niederschlag klar auf, und säuert man nun mit Essigsäure an, so erhält man neuerdings einen gelben Niederschlag von chromsaurem Bleioxyd. — Nach Abscheidung des Quecksilber- und Bleioxyds lässt sich das Wismuthoxyd durch im Ueberschuss zugesetztes Ammon vom Kupfer- und Cadmiumoxyd trennen, da die letzteren im Ammonüberschuss löslich sind. Löst

man den abfiltrirten Niederschlag auf einem Uhrglase in einem oder zwei Tropfen Salzsäure und setzt Wasser zu, so gereicht die entstehende milchige Trübung zur Bestätigung. — Die Gegenwart einer bedeutenderen Menge von Kupferoxyd verräth sich leicht durch die blaue Farbe der ammoniakalischen Lösung. Kleinere Mengen entdeckt man, indem man diese fast zur Trockne verdampft, ein wenig Essigsäure und dann Ferrocyankalium zusetzt. — Die Trennung des Kupferoxyds vom Cadmiumoxyd bewerkstelligt man leicht, indem man die ammoniakalische Lösung durch Eindampfen stark concentrirt, dann mit Salzsäure ansäuert, etwas schweflige Säure und Rhodankalium zusetzt, das Kupferrhodanür abfiltrirt und im Filtrate das Cadmium durch Schwefelwasserstoff ausfällt (unnöthig grosser Ueberschuss von schwefliger Säure ist natürlich zu vermeiden), — oder auch indem man auf die Schwefelmetalle Cyankalium oder aber siedende verdünnte Schwefelsäure (1 Thl. concentrirte Säure, 5 Thle. Wasser) einwirken lässt. Man fällt zu diesem Zwecke die Lösung beider durch Schwefelwasserstoff und trennt den Niederschlag durch Decantation oder Filtration von der Flüssigkeit. Behandelt man ihn dann mit etwas Wasser und einem Stückchen Cyankalium, so löst sich das Schwefelkupfer, während das gelbe Schwefelcadmium ungelöst bleibt; — kocht man den Niederschlag der gemengten Schwefelmetalle mit verdünnter Schwefelsäure, so bleibt das Schwefelkupfer ungelöst, während sich das Schwefelcadmium löst. Im Filtrate erhält man daher durch Schwefelwasserstoff gelbes Schwefelcadmium (A. W. Hofmann).

Besondere Reactionen der seltener vorkommenden Oxyde der fünften Gruppe.

§. 124.

a. **Palladiumoxydul** (Pd O). Das Palladium kommt gediegen vor, zuweilen mit Gold und Silber legirt, selten, namentlich mit oder in Platinerzen. Die Farbe des Palladiums ist etwas dunkler als die des Platins, mit dem es im Uebrigen grosse Aehnlichkeit hat. Das Palladium schmilzt sehr schwer, läuft an der Luft in dunkler Glühhitze blau an, erhält aber, stärker geglüht, seinen Metallglanz und seine helle Farbe wieder. Es löst sich schwierig in reiner, etwas leichter in salpetriger Säure enthaltender Salpetersäure, sehr wenig in kochender concentrirter Schwefelsäure, wohl aber in schmelzendem saurem schwefelsaurem Kali, leicht in Königswasser. Seine Oxydationsstufen sind: Pd_2O (Palladiumsuboxyd), Pd O (Oxydul) und $Pd O_2$ (Oxyd). — Das Palladiumoxydul ist schwarz, sein Hydrat dunkelbraun, beide zerfallen, stark geglüht, in Sauerstoff und Metall. — Das Palladiumoxyd ($Pd O_2$) ist schwarz, löst sich beim Erhitzen mit verdünnter Salzsäure unter Chlorentwickelung zu Chlorür. Die Palladiumoxydulsalze sind meist in Wasser löslich, braun oder rothbraun, ihre Lösungen sind concentrirt rothbraun, verdünnt gelb; aus der des salpetersauren Oxyduls wird bei geringem Ueberschuss an Säure durch Wasser ein braunes basisches Salz gefällt. Beim Glühen werden sowohl die Sauerstoffsalze als das Chlorür zersetzt und hinterlassen Palladium. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* fällen aus sauren oder neutralen Lösungen schwarzes Palladiumsulfür. Dasselbe löst

sich nicht in Schwefelammonium, wohl aber in kochender Salzsäure, leicht in Königswasser. — Aus der Lösung des Chlorürs fällt: *Kali* braunes basisches, im Ueberschuss des Fällungsmittels lösliches Salz. — *Ammon* fleischrothes Palladiumchlorür-Ammoniak ($PdCl, NH_3$), in überschüssigem Ammon zur farblosen Flüssigkeit löslich, aus welcher Salzsäure gelbes krystallinisches Chlorpalladammonium ($NPdH_3, Cl$) fällt. — *Cyanquecksilber* fällt gelblich weisses, gelatinöses, in Salzsäure wenig, in Ammon leicht lösliches Palladiumcyanür (besonders charakteristische Reaction). — *Zinnchlorür* erzeugt bei Abwesenheit freier Salzsäure einen braunschwarzen Niederschlag, bei Anwesenheit derselben eine erst rothe, dann braune, endlich grüne Lösung, welche bei Zusatz von Wasser bräunlich roth wird — *Eisenvitriol* bewirkt eine sich an die Gefässwände absetzende Fällung von Palladium. — *Jodkalium* fällt schwarzes Palladiumjodür (besonders charakteristisch). — *Chlorkalium* fällt aus ganz concentrirten Lösungen Kalium-Palladiumchlorür ($KCl, PdCl$) in goldgelben, in Wasser mit dunkelrother Farbe leicht löslichen, in absolutem Weingeist unlöslichen Nadeln. — *Salpetrigsaures Kali* bewirkt in nicht zu verdünnten Lösungen einen gelblichen, krystallinischen, bei längerem Stehen röthlich werdenden, in viel Wasser löslichen Niederschlag. — *Rhodankalium* fällt Palladiumlösungen nicht, auch nicht nach Zusatz von schwefliger Säure (Unterschied und bestes Trennungsmittel von Kupfer). Beim Behandeln mit *Soda* in der oberen Oxydationsflamme (S. 30) liefern alle Palladiumverbindungen einen grauen Metallschwamm.

b. **Rhodiumsesquioxyd** (Rh_2O_3). Das Rhodium kommt in geringer Menge in den Platinerzen vor. Fast silberweisses, sehr dehnbares, sehr schwer schmelzbares Metall oder — auf nassem Wege abgeschieden — graues Pulver. Letzteres nimmt beim Rothglühen an der Luft Sauerstoff auf, gibt ihn aber, stärker geglüht, wieder ab. Das Rhodium löst sich in keiner Säure, selbst in Königswasser nur dann, wenn es mit Platin, Kupfer etc., nicht wenn es mit Gold oder Silber legirt ist. Schmelzendes Phosphorsäurehydrat und schmelzendes saures schwefelsaures Kali lösen es zu Sesquioxydsalz auf. Das Rhodium bildet vier Oxydationsstufen: RhO (Oxydul), Rh_2O_3 (Sesquioxyd), RhO_2 (Oxyd) und die schwache Säure (RhO_4). Das Rhodiumsesquioxyd ist grau, es bildet ein gelbes und ein bräunlich schwarzes Hydrat, ist nicht in Säuren, wohl aber in den beim Metall genannten Schmelzmitteln löslich. Die Lösungen sind rosenroth. *Schwefelwasserstoff* und *Schwefelammonium* fällen bei längerer Einwirkung, namentlich in der Wärme, braunes Schwefel-Rhodium, welches sich nicht in Schwefelammonium, wohl aber in kochender Salpetersäure löst. *Kalihydrat* in nicht zu grossem Ueberschusse zugesetzt, bewirkt in Sesquioxydlösungen sogleich einen gelben Niederschlag von Sesquioxydhydrat ($Rh_2O_3, 5HO$), der bei gewöhnlicher Temperatur in Kaliüberschuss löslich ist; beim Kochen der gelben Lösung schlägt sich schwarzbraunes $Rh_2O_3, 3HO$ nieder. — In den Lösungen des Sesquichlorids entsteht durch Kalihydrat anfänglich keine Fällung, bei Zusatz von Alkohol aber scheidet sich bald schwarzes $Rh_2O_3, 3HO$ aus (Claus). *Ammon* bewirkt nach einiger Zeit einen gelben, in Salzsäure löslichen Niederschlag. *Zink* fällt schwarzes metallisches Rhodium. Beim Erhitzen mit *salpetrigsaurem Kali* wird Rhodiumsesquichloridlösung gelb und scheidet ein orangegelbes, wenig in Wasser aber leicht in Salzsäure lösliches Pulver ab, während ein anderer Theil des Rhodiums in ein gelbes, in Wasser lösliches, durch Alkohol fällbares Salz übergeht (Gibbs). Alle festen Rhodiumverbindungen liefern, in *Wasserstoff* oder auch am Platindraht mit Soda in der oberen Oxydationsflamme geglüht

Metall, welches durch seine Unlöslichkeit in Königswasser, seine Löslichkeit in schmelzendem saurem schwefelsaurem Kali und das Verhalten dieser Lösung zu Kali und Alkohol gut charakterisirt ist.

c. **Oxyde des Osmiums.** Das Osmium kommt in den Platinerzen als Osmium-Iridium etc. selten vor. Schwarzes Pulver, oder grau metallglänzend, nicht schmelzbar. Sowohl das Metall als das Oxydul (Os O) und Oxyd (OsO_2) oxydiren sich, an der Luft erhitzt, leicht und liefern sich verflüchtigende Osmiumsäure (OsO_4), welche sich durch einen äusserst stechenden, unangenehmen, dem Chlor und Jod ähnlichen Geruch zu erkennen gibt (höchst charakteristisch). Bringt man ein wenig Osmium auf einem Streifchen Platinblech in eine *Gas-* oder *Weingeistflamme*, und zwar in halber Höhe der Flamme in den äusseren Mantel, so wird die Flamme im auffallendsten Grade leuchtend. Selbst geringe Spuren von Osmium lassen sich so in osmiumhaltigem Iridium entdecken, doch tritt die Erscheinung dann nur einen Augenblick ein; sie lässt sich aber wiederholen, wenn man die Probe erst in die Reductionsflamme, dann wieder in den äusseren Mantel bringt. *Salpetersäure*, namentlich rothe rauchende, sowie Königswasser lösen Osmium zu Osmiumsäure. Erwärmen begünstigt, aber es verflüchtigt sich alsdann Osmiumsäure. Sehr stark geglühtes Osmium löst sich nicht in Säuren. Man schmelzt es mit Salpeter und destillirt die gelöste Schmelze mit Salpetersäure; die Osmiumsäure findet sich im Destillat. — Beim Erhitzen des Osmiums in trocknem und luftfreiem *Chlorgas* bildet sich, aber immer nur in geringer Menge, erst blauschwarzes Osmiumchlorür (Os Cl), dann flüchtigeres mennigrothes Chlorid ($OsCl_2$), bei Anwendung feuchten Chlorgases entsteht ein grünes Gemenge von Chlorür mit Chlorid. Das Chlorür löst sich mit blauer, das Chlorid mit gelber, beide zusammen mit grüner Farbe, welche dann in roth übergeht. Die Lösungen zersetzen sich bald, indem Osmiumsäure (OsO_4), Salzsäure und ein Gemenge von Osmiumoxydul (Os O) und Osmiumoxyd (OsO_2) entsteht, welches sich als schwarzes Pulver ausscheidet. Beim Erhitzen eines Gemenges von Osmiumpulver oder von Schwefelosmium und Chlorkalium in Chlorgas entsteht Kaliumosmiumchlorid, wenig in Wasser, nicht in Alkohol lösliche Octaëderchen darstellend. Die Lösung ist haltbarer als die des Chlorids. Kali entfärbt die Lösung, beim Sieden scheidet sich blauschwarzes Osmiumoxydhydrat, beim Zusammenschmelzen des Kaliumosmiumchlorids mit kohlensaurem Natron scheidet sich schwarzgraues Osmiumoxyd (OsO_2) aus. Die wasserfreie Osmiumsäure (OsO_4) verdient (nach Claus, der sie deshalb Osmiumhypersäure nennt) eigentlich den Namen einer Säure nicht; sie reagirt nicht auf Pflanzenfarben und bildet keine Salze. Sie ist im wasserfreien Zustande weiss, krystallinisch, bei gelindem Erwärmen schmelzbar, etwa bei 100° C. kommt sie ins Sieden, die Dämpfe reizen Nase und Augen aufs Stärkste. Mit Wasser erhitzt, schmilzt sie und löst sich nur langsam. Die Lösung riecht stark, reizend, unangenehm. *Alkalien* färben die Lösung in Folge der Bildung von osmigsaurem Kali (KO, OsO_3) gelb, destillirt man, so geht der grösste Theil der Osmiumsäure über (höchst charakteristisch), der Rest zerfällt in Sauerstoff und osmige Säure und beim Sieden in Osmiumsäure, Osmiumoxyd und freies Kali. — Die Osmiumsäure entfärbt *Indigolösung*, scheidet aus *Jodkaliumlösung* Jod ab, verwandelt *Alkohol* in Aldehyd und Essigsäure. *Salpetrigsaures Kali* reducirt leicht zu osmigsaurem Kali. — *Schwefelwasserstoff* fällt braunschwarzes Schwefelosmium, welches sich nur bei Anwesenheit einer stärkeren freien Säure abscheidet; der Niederschlag löst sich nicht in Schwefelammonium. *Schwefligsaures Natron* färbt tief blau-

violett, allmählich scheidet sich, namentlich beim Verdampfen oder beim Erwärmen mit schwefelsaurem oder kohlensaurem Natron, schwarzblaues schwefligsaures Osmiumoxydul aus. *Eisenvitriol* fällt schwarzes Oxyd, *Zinnchlorür* fällt braun, der Niederschlag löst sich in Salzsäure zu einer braunen Flüssigkeit, *Zink* und viele Metalle veranlassen bei Anwesenheit einer freien stärkeren Säure Ausscheidung metallischen Osmiums. — Beim Glühen im Wasserstoffstrom liefern alle Osmiumverbindungen metallisches Osmium.

d. **Oxyde des Rutheniums.** Das Ruthenium kommt in geringer Menge in den Platinerzen vor. Sprödes, grauweisses, schwer schmelzbares Metall, wird von Königswasser kaum, von schmelzendem saurem schwefelsaurem Kali nicht angegriffen, liefert, an der Luft geglüht, blauschwarzes, in Säuren unlösliches Oxyd (Ru_2O_3), gibt, mit Chlorkalium im Chlorstrom geglüht, Kalium-Rutheniumchlorid, mit Salpeter, mit Kalihydrat oder mit chlorsaurem Kali geschmolzen, ruthensaures Kali (KO, RuO_3). Letztere Schmelze ist grünschwarz, löst sich zur orangegelben Flüssigkeit, welche die Haut, durch Reduction und Ausscheidung schwarzen Oxyds, schwarz färbt. Säuren schlagen aus der Lösung schwarzes Oxyd nieder, welches sich in Salzsäure zur orangegelben Flüssigkeit löst. Diese Lösung zerfällt, erhitzt, in Salzsäure und braunschwarzes, lange suspendirt bleibendes, sehr stark tingirendes Oxyd, — sie liefert, wenn concentrirt, mit Chlorkalium und Chlorammonium krystallinische, violettschillernde Niederschläge, welche, mit Wasser gekocht, schwarzes Oxychlorür abscheiden. *Kali* fällt schwarzes Rutheniumoxydhydrat, unlöslich in Alkalien, löslich in Säuren, *Schwefelwasserstoffgas* bringt anfangs keine Veränderung hervor, aber nach einiger Zeit wird die Flüssigkeit lasurblau und es schlägt sich braunes Schwefelruthenium nieder (sehr charakteristisch), *Schwefelammonium* fällt braunschwarz, der Niederschlag löst sich kaum im Ueberschuss des Fällungsmittels. *Rhodankalium* erzeugt (bei Abwesenheit anderer Metalle der Platinerze) nach einiger Zeit eine rothe, allmählich purpurrothe, beim Erhitzen schön violette Färbung (sehr charakteristisch). *Zink* veranlasst zuerst lasurblaue Färbung, später wird, unter Entfärbung der Flüssigkeit, metallisches Ruthenium gefällt. *Salpetrigsaures Kali* färbt die Lösung orangegelb unter Bildung eines in Wasser und Alkohol leicht löslichen Doppelsalzes, dessen alkalische Lösung, mit wenig farblosem Schwefelammonium versetzt, carmoisinroth wird (charakteristisch), bei Zusatz von mehr Schwefelammonium fällt Schwefelruthenium nieder.

§. 125.

Sechste Gruppe.

Häufiger vorkommende Oxyde: Goldoxyd, Platinoxyd, Zinnoxydul, Zinnoxyd, Antimonoxyd, arsenige und Arsensäure.

Seltener vorkommende Oxyde: Oxyde des Iridiums, Molybdäns, Wolframs, Tellurs, Selens.

Die höheren Oxyde der zur sechsten Gruppe gerechneten Elemente sind alle mehr oder weniger ausgesprochene Säuren; wir handeln sie aber hier ab, weil sie von den niederen Sauerstoffstufen derselben Elemente, denen sie in ihrem Verhalten zu Schwefelwasserstoff ganz nahe stehen, nicht wohl getrennt werden können.

Eigenschaften der Gruppe. Die den genannten Oxyden entsprechenden Schwefelungsstufen sind in verdünnten Säuren unlöslich. Mit alkalischen Schwefelmetallen verbinden sie sich, geradezu oder unter Aufnahme von Schwefel, zu löslichen Schwefelsalzen, in welchen sie die Rolle der Sulfosäuren spielen. Es werden daher oben genannte Oxyde, wie die der fünften Gruppe, durch Schwefelwasserstoff aus angesäuerten Lösungen vollständig gefällt. Die niedergeschlagenen Schwefelmetalle unterscheiden sich aber von denen der fünften Gruppe dadurch, dass sie sich in Schwefelammonium, Schwefelkalium u. s. w. lösen und durch Zusatz von Säuren aus diesen Lösungen wieder gefällt werden.

Wir bringen zur Erleichterung der Uebersicht die häufiger vorkommenden Oxyde dieser Gruppe in zwei Abtheilungen und unterscheiden:

1. solche, deren entsprechende Schwefelungsstufen in Salzsäure und in Salpetersäure unlöslich sind und beim Schmelzen mit salpetersaurem und kohlensaurem Natron regulinische Metalle liefern, nämlich Goldoxyd und Platinoxyd;
2. solche, deren entsprechende Schwefelverbindungen in kochender Salzsäure oder Salpetersäure löslich sind und beim Schmelzen mit salpetersaurem und kohlensaurem Natron in Oxyde oder Säuren übergehen. Die angeführten Oxyde des Antimons, Zinns und Arseniks.

Erste Abtheilung.

Besondere Reactionen.

§. 126.

a. Goldoxyd (AuO_3).

1. Das metallische Gold ist gelb, sehr glänzend, ziemlich weich, äusserst dehnbar, schmilzt schwierig, oxydirt sich beim Glühen an der Luft nicht, löst sich nicht in Salzsäure, in Salpetersäure und in Schwefelsäure, wohl aber in Chlor enthaltenden oder Chlor entwickelnden Flüssigkeiten, z. B. in Königswasser. Die Lösungen enthalten Goldchlorid.

2. Das Goldoxyd ist ein schwarzbraunes, sein Hydrat ein kastanienbraunes Pulver. Beide werden durch Licht und Wärme reducirt, von Salzsäure leicht, von verdünnnten Sauerstoffsäuren hingegen nicht gelöst. Concentrirte Salpetersäure und Schwefelsäure lösen ein wenig Goldoxyd. Wasser scheidet es aus den Lösungen wieder ab. Das Goldoxydul (AuO) ist violett-schwarz, zerfällt beim Erhitzen in Gold und Sauerstoff.

3. Sauerstoffsalze des Goldes sind so gut wie nicht bekannt. Die Haloidsalze sind gelb, ihre Lösungen zeigen diese Färbung bis zu grosser Verdünnung. Alle werden beim Glühen mit Leichtigkeit zerlegt. Neutrale Goldchloridlösung röthet Lackmus.

4. *Schwefelwasserstoff* fällt aus einer neutralen oder sauren Goldchloridlösung alles Gold aus. Behandelt man in der Kälte, so ist der braunschwarze Niederschlag Goldsulfid (AuS_3), behandelt man in der Siedhitze, Goldsulfür (AuS). Die Niederschläge lösen sich nicht in Salzsäure oder Salpetersäure, wohl aber in Königswasser. Sie lösen sich nicht in farblosem Schwefelammonium, wohl aber in gelbem; leichter noch in gelbem Schwefelnatrium oder Schwefelkalium.

5. *Schwefelammonium* fällt braunschwarzes Goldsulfid (AuS_3). Ein Uebermaass des Fällungsmittels löst den Niederschlag nur dann wieder auf, wenn das Schwefelammonium überschüssigen Schwefel enthält.

6. *Ammon* bewirkt, jedoch nur in concentrirten Lösungen, röthlich gelbe Niederschläge von Goldoxydammoniak (Knallgold). Je saurer die Lösung ist, und je mehr überschüssiges Ammon zugesetzt wird, um so mehr Gold bleibt gelöst.

7. *Zinnchlorid* enthaltendes *Zinnchlorür* (durch Vermischen von Zinnchlorürlösung mit ein wenig Chlorwasser leicht zu erhalten) erzeugt auch in höchst verdünnten Goldlösungen einen purpurrothen, zuweilen mehr violetten oder ins Braunrothe neigenden Niederschlag oder eine solche Färbung von sogenanntem Goldpurpur (einer wasserhaltigen Verbindung von Zinnoxyd-Goldoxydul mit Zinnoxyd-Zinnoxydul: $AuO, SnO_2 + SnO, SnO_2 + 4HO$). Der Niederschlag ist in Salzsäure unlöslich.

8. *Eisenoxydulsalze* reduciren das Goldchlorid in seinen Lösungen und scheiden metallisches Gold in Gestalt eines höchst feinen, braunen Pulvers daraus ab. Die Flüssigkeit, in welcher der Niederschlag suspendirt ist, erscheint bei durchfallendem Lichte schwärzlich-blau. Der getrocknete Niederschlag, mit einer Messerklinge gedrückt, zeigt Metallglanz.

9. *Salpetrigsaures Kali* bewirkt auch in stark verdünnten Goldlösungen eine Fällung von metallischem Gold. Bei sehr starker Verdünnung erscheint die Flüssigkeit anfangs nur blau gefärbt.

10. Fügt man zu einer Goldchloridlösung Kali oder Natron im Ueberschuss, so bleibt sie klar, bei Zusatz von *Gerbsäure* scheidet sich metallisches Gold ab. Erwärmen begünstigt die Ausscheidung.

11. Im *Kohlenstäbchen* (S. 31) werden alle Goldverbindungen reducirt. Beim Zerreiben erhält man goldglänzende Flitterchen, welche sich nicht in Salpetersäure, aber leicht in Königswasser lösen.

§. 127.

b. Platinoxyd (PtO_2).

1. Das metallische Platin ist hellstahlgrau, sehr glänzend, ziemlich hart, sehr dehnbar, sehr schwer schmelzbar, oxydirt sich nicht beim Glühen an der Luft. — Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure

lösen es nicht, Königswasser dagegen löst es, namentlich beim Erwärmen. Die Lösung enthält Platinchlorid ($PtCl_2$).

2. Das Platinoxyd ist ein schwarzbraunes, sein Hydrat ein rothbraunes Pulver. Beide werden beim Erhitzen reducirt. Sie sind in Salzsäure leicht, in Sauerstoffsäuren schwer löslich. Das Platinoxydul (PtO) ist schwarz, sein Hydrat braun, beide gehen beim Glühen in Metall über.

3. Die Platinoxydsalze werden beim Glühen zerlegt. Sie haben eine gelbe Farbe. Das Platinchlorid ist rothbraun, seine Lösung bis zu grosser Verdünnung rothgelb; sie röthet Lackmus. Das Platinchlorid geht bei ganz schwacher Glühhitze in Platinchlorür (PtCl), bei stärkerer in Platin über. Eine Platinchlorür enthaltende Platinchloridlösung ist tief dunkelbraun.

4. *Schwefelwasserstoff* schlägt in der Kälte aus sauren und neutralen Lösungen, aber immer erst nach längerem Stehen, schwarzbraunes Schwefelplatin (PtS_2) nieder. Erhitzt man jedoch die schwefelwasserstoffhaltige Lösung, so entsteht der Niederschlag sogleich. Alkalische Schwefelmetalle, namentlich höher geschwefelte, lösen ihn, wenn sie in grossem Ueberschuss angewendet werden. In Salzsäure, wie auch in Salpetersäure, ist das Schwefelplatin unlöslich, Königswasser nimmt es auf.

5. *Schwefelammonium* bewirkt denselben Niederschlag, von einem grossen Uebermaasse des Fällungsmittels wird er, wenn dieses überschüssigen Schwefel enthält, langsam und schwierig, zuletzt aber vollständig aufgenommen. Säuren fällen ihn aus der rothbraunen Lösung unverändert.

6. *Chlorkalium* und *Chlorammonium* (und somit natürlich auch Kali und Ammon bei Gegenwart von Salzsäure) bewirken in nicht allzu verdünnten Lösungen von Platinchlorid gelbe, krystallinische Niederschläge von Kalium- und Ammoniumplatinchlorid. Aus verdünnten Lösungen erhält man die Niederschläge, wenn man die mit den Fällungsmitteln versetzte Lösung im Wasserbade verdampft und den Rückstand mit wenig Wasser oder mit schwachem Weingeist behandelt. Die Niederschläge lösen sich in Säuren nicht mehr als in Wasser, sie lösen sich aber beim Erhitzen mit Kalilauge. — Das Ammoniumplatinchlorid hinterlässt beim Glühen Platinschwamm, das Kaliumplatinchlorid Platin und Chlorkalium. Die Zersetzung des letzteren ist nur dann vollständig, wenn das Glühen im Wasserstoffstrom oder unter Zusatz von etwas Oxalsäure stattfindet.

7. *Zinnchlorür* bewirkt in Lösungen, welche viel freie Salzsäure enthalten, in Folge einer Reduction des Platinchlorids zu Chlorür eine intensive dunkelrothe bis braunrothe Färbung der Flüssigkeit, aber keinen Niederschlag.

8. *Eisenvitriol* fällt Platinchloridlösung nicht, wenn man nicht sehr lange Zeit hindurch kocht, in welchem Falle das Chlorid endlich unter Ausscheidung von Platin reducirt wird.

9. Glüht man am Oehr eines feinen Platindrahtes eine Platinverbindung mit Soda in der oberen *Oxydationsflamme*, so erhält man eine graue schwammige Masse, welche beim Zerreiben im Achatmörser silberweisse ductile Metallflitter liefert, die in Salzsäure, wie in Salpetersäure unlöslich, in Königswasser aber löslich sind.

---

§. 128.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die Reactionen des Goldes und Platins gestatten, wenigstens theilweise, sowohl eine Erkennung dieser Metalle bei Gegenwart vieler anderer Oxyde, als auch namentlich dann, wenn Platin und Gold sich in einer Lösung befinden. Im letzteren Falle dampft man am besten die Lösung mit Salmiak bei gelinder Wärme zur Trockne und behandelt den Rückstand mit schwachem Weingeist, um das Platin im Niederschlage, das Gold in Lösung zu bekommen. Ersterer liefert beim Glühen Platin, aus letzterer kann nach Verdunstung des Weingeistes das Gold durch Eisenvitriol gefällt werden.

Zweite Abtheilung.

Besondere Reactionen.

§. 129.

a. Zinnoxydul (Sn O).

1. Das metallische Zinn ist hell-grauweiss, stark glänzend, weich, dehnbar, knistert beim Biegen, oxydirt sich, an der Luft erhitzt, zu grauweissem Oxyd, beschlägt, auf der Kohle vor dem Löthrohr erhitzt, dieselbe weiss. Concentrirte Salzsäure löst das Zinn unter Wasserstoffentwickelung zu Chlorür, Königswasser je nach Umständen zu Chlorür und Chlorid, oder nur zu Chlorid. Verdünnte Schwefelsäure löst es schwierig, concentrirte verwandelt es beim Erhitzen in schwefelsaures Oxyd. Mässig verdünnte Salpetersäure oxydirt es, namentlich beim Erwärmen, leicht, das gebildete weisse Oxyd (Metazinnsäurehydrat, $Sn O_2$, 2 HO) löst sich nicht in der überschüssigen Säure.

2. Das Zinnoxydul ist ein schwarzes oder grauschwarzes Pulver, sein Hydrat ist weiss. Mit Cyankalium geschmolzen wird es reducirt. In Salzsäure ist es leicht löslich. Salpetersäure verwandelt es in im Ueberschusse der Säure unlösliches Metazinnsäurehydrat.

3. Die Zinnoxydulsalze werden beim Erhitzen zerlegt; sie sind farblos. Die löslichen röthen im neutralen Zustande Lackmus. Die Zinnoxydulsalze ziehen begierig Sauerstoff aus der Luft an und gehen theil-

weise oder ganz in Oxydsalze über. Auch das Zinnchlorür absorbirt im krystallisirten wie im gelösten Zustande Sauerstoff, es bildet sich unlösliches Zinnoxydul-Zinnchlorür und Zinnchlorid; daher wird die Lösung des Zinnchlorürs bald trübe, wenn das Glas oft geöffnet wird und wenig freie Säure vorhanden ist, — daher löst sich nur ganz frisch bereitetes Zinnchlorür klar in luftfreiem Wasser, während sich aufbewahrte Zinnchlorürkrystalle nur in salzsäurehaltigem Wasser klar lösen lassen.

4. *Schwefelwasserstoff* fällt aus neutralen und sauren, nicht aber, oder wenigstens nicht vollständig, aus alkalischen Lösungen dunkelbraunes wasserhaltiges Zinnsulfür (SnS). Eine sehr grosse Menge freier Salzsäure kann die Fällung verhindern. Das Zinnsulfür löst sich in Einfach-Schwefelammonium nicht oder kaum, in gelbem, höher geschwefeltem leicht. Aus dieser Lösung fällen Säuren gelbes Sulfid, gemengt mit Schwefel. Das Zinnsulfür löst sich auch in Kali- und Natronlauge. Säuren fällen aus diesen Lösungen braunes Sulfür. Kochende Salzsäure löst es unter Schwefelwasserstoff-Entwickelung; kochende Salpetersäure verwandelt es in unlösliches Metazinnsäurehydrat.

5. *Schwefelammonium* bewirkt denselben Niederschlag von wasserhaltigem Zinnsulfür.

6. *Kali*, *Natron*, *Ammon* sowie *kohlensaure Alkalien* fällen weisses voluminöses Zinnoxydulhydrat (SnO, HO), welches von überschüssigem Kali oder Natron leicht aufgenommen wird, im Uebermaasse der anderen Fällungsmittel aber unlöslich ist. Dampft man die kalische Lösung rasch ein, so entsteht gelöst bleibendes Zinnoxyd-Kali, während metallisches Zinn niederfällt; dampft man dagegen langsam ein, so scheidet sich krystallinisches wasserfreies Oxydul ab.

7. *Goldchlorid* bewirkt in Zinnchlorür- oder mit Salzsäure vermischten Zinnoxydulsalzlösungen, je nachdem dieselben mehr oder weniger frei von Zinnchlorid oder mehr oder minder concentrirt sind, einen braunen, rothbraunen oder auch purpurrothen Niederschlag (vergl. §. 126. 7), in sehr verdünnten Lösungen entsteht nur eine mehr oder minder braune oder rothe Färbung.

8. Wird Zinnchlorür- oder mit Salzsäure vermischte Zinnoxydullösung zu überschüssiger *Quecksilberchloridsolution* gesetzt, so entsteht, indem das Zinnsalz dem Quecksilberchlorid die Hälfte seines Chlors entzieht, ein weisser Niederschlag von Quecksilberchlorür.

9. Bringt man eine Zinnoxydul oder Zinnchlorür und Salzsäure enthaltende Flüssigkeit mit einer Mischung von Ferridcyankalium und Eisenchlorid zusammen, so scheidet sich, durch Reduction des Eisenferridcyanids (Fe_2Cfdy) zu Eisenferrocyanid (Fe_4Cfy_3), sogleich ein Niederschlag von Berlinerblau ab (Fe_4Cfy_4*) + 2HCl + 2SnCl = Fe_4Cfy_3 + H_2Cfy + 2$SnCl_2$). Diese Reaction ist äusserst empfindlich, aber nur dann entscheidend, wenn sonstige reducirende Substanzen nicht zugegen sind.

---

*) 2 (Fe_2Cfdy) = Fe_4Cfy_4, denn $Cfdy = C_{12}N_6Fe_2 = {}_2Cfy$.

10. *Zink* fällt aus den mit Salzsäure versetzten Auflösungen der Zinnoxydulsalze metallisches Zinn, in Form grauer Blättchen oder schwammartig; nimmt man den Versuch in einem Platinschälchen vor, so färbt sich dieses nicht schwarz.

11. Werden Zinnoxydulverbindungen mit *Soda* und etwas *Borax* oder besser mit einem Gemenge von gleichen Theilen *Soda* und *Cyankalium* gemengt und im Kohlengrübchen der inneren *Löthrohrflamme* ausgesetzt, so erhält man dehnbare Körnchen von metallischem Zinn. Man erkennt dieselben am besten, wenn man die Probe nebst den umgebenden Kohlentheilen in einem Mörserchen mit Wasser heftig drückend reibt und die Kohle alsdann abschlämmt. Bei starkem Erhitzen der Zinnkörnchen beschlägt sich die Kohle mit weissem Oxyd. — Auch im Kohlenstäbchen (S. 31) gelingt die Reduction trefflich.

12. Bringt man zu einer durch Kupferoxyd schwach bläulich gefärbten Boraxperle eine Spur einer Zinnverbindung und erhitzt die Perle im *unteren Reductionsraum* der Gasflamme (S. 30), so färbt sich die Perle in Folge der Reduction des Kupferoxyds zu Kupferoxydul rothbraun bis rubinroth (vergl. §. 120. 14). Ohne Mitwirkung einer Zinnverbindung findet diese Reduction nicht statt.

§. 130.

b. Zinnoxyd (SnO_2).

1. Das Zinnoxyd ist ein weisses bis strohgelbes, beim Erhitzen vorübergehend braun werdendes Pulver. — Es bildet mit Säuren, Basen und Wasser zwei verschiedene Reihen von Verbindungen. — Das aus Zinnchloridlösung durch Alkalien gefällte Hydrat löst sich in Salzsäure leicht, das durch Einwirkung von Salpetersäure auf Zinn dargestellte — das Metazinnsäurehydrat — nicht. Kocht man aber letzteres damit eine kurze Zeit, so nimmt es Salzsäure auf, giesst man nun den Ueberschuss derselben ab und fügt Wasser zu, so löst es sich darin klar auf. Die wässerige Lösung des gewöhnlichen Zinnchlorids wird durch concentrirte Salzsäure nicht gefällt, während diese Säure in der wässerigen Lösung des Metazinnchlorids einen weissen Niederschlag von Metazinnchlorid erzeugt. — Die Lösung gewöhnlichen Zinnchlorids wird bei Zusatz von Zinnchlorür nicht gelb, während dies in auffallendem Grade der Fall ist, wenn sie Metazinnchlorid enthält (Löwenthal). Die verdünnten Lösungen beider Zinnchloride liefern beim Kochen Niederschläge von den den Chloriden entsprechenden Hydraten.

2. Die Zinnoxydsalze sind farblos. Die löslichen werden beim Glühen zersetzt; sie röthen im neutralen Zustande Lackmus. Das wasserfreie Zinnchlorid ist eine an der Luft stark rauchende flüchtige Flüssigkeit.

3. *Schwefelwasserstoff* fällt aus sämmtlichen sauren und neutralen Lösungen, besonders beim Erhitzen, einen bei überschüssiger Zinnoxydlösung weissen, flockigen, bei überschüssigem Schwefelwasserstoff matt gelben Niederschlag. Ersterer ist wohl ohne Zweifel (eine Analyse desselben ist nicht bekannt) bei Zinnchloridlösung Zinnchlorid-Zinnsulfid, letzterer ist wasserhaltiges Zinnsulfid (SnS_2). Alkalische Lösungen werden nicht niedergeschlagen, auch eine sehr grosse Menge freier Salzsäure kann die Fällung verhindern. — Das Zinnsulfid löst sich etwas schwer in reinem, fast nicht in kohlensaurem Ammon, nicht in saurem schwefligsaurem Kali, leicht in Kali oder Natron, in alkalischen Schwefelmetallen, in concentrirter kochender Salzsäure sowie in Königswasser. Concentrirte Salpetersäure verwandelt es in unlösliches Metazinnsäurehydrat. Beim Verpuffen des Zinnsulfids mit salpetersaurem und kohlensaurem Natron erhält man schwefelsaures Natron und Zinnoxyd. Kocht man die Lösung des Zinnsulfids in Kali mit Wismuthoxyd, so bildet sich Schwefelwismuth und Zinnoxyd, welches letztere in der kalischen Flüssigkeit gelöst bleibt.

4. *Schwefelammonium* bewirkt denselben Niederschlag von wasserhaltigem Zinnsulfid, ein Ueberschuss des Fällungsmittels nimmt ihn mit Leichtigkeit auf. Säuren scheiden aus dieser Lösung das Zinnsulfid wieder unverändert ab.

5. *Kali*, *Natron* und *Ammon*, *kohlensaures Natron* und *kohlensaures Ammon* bewirken weisse Niederschläge, welche je nach der Beschaffenheit der Lösung Zinnoxydhydrat oder Metazinnsäurehydrat sind. Dieses löst sich wenig im Ueberschuss von Kali- oder Natronlauge; jenes aber löst sich leicht in geringem, wenig in grossem Ueberschuss von Kalilauge, dagegen schwer und nur bei grosser Verdünnung vollständig in geringem Ueberschuss von Natronlauge. Bei Zusatz von mehr Natronlauge scheidet sich fast alles Zinnoxyd ab.

6. Im Ueberschuss zugesetztes *schwefelsaures Natron* oder *salpetersaures Ammon* (wie überhaupt die meisten neutralen Salze der Alkalien) fällen aus Zinnoxydlösungen beider Art, sofern sie nicht zu sauer sind, alles Zinn als Oxyd- oder Metazinnsäurehydrat. Erhitzen begünstigt die Fällung: $SnCl_2 + 4\,NaO,\,SO_3 + 4\,HO = SnO_2,\,2\,HO + 2\,NaCl + 2\,(NaO,\,HO,\,2\,SO_3)$.

7. *Metallisches Zink* fällt aus Zinnchloridlösung bei Gegenwart von freier Salzsäure metallisches Zinn in Gestalt grauer Blättchen oder als schwammartige Masse. Nimmt man den Versuch in einem Platinschälchen vor, so färbt sich dieses nicht schwarz (Unterschied von Antimon).

8. Vor dem Löthrohre oder in der Gasflamme verhalten sich die Zinnoxydverbindungen wie die des Zinnoxyduls (vergl. §. 129, 11 u. 12). — Auch beim Schmelzen in einer Glasröhre oder einem Tiegel wird Zinnoxyd durch Cyankalium leicht reducirt.

§. 131.

c. Antimonoxyd (SbO_3).

1. Das metallische Antimon ist bläulich-zinnweiss, glänzend, hart, spröde, leicht schmelzbar, in sehr hoher Temperatur flüchtig. Erhitzt man es auf Kohle vor dem Löthrohr, so stösst es einen dicken, weissen, die Kohle beschlagenden Rauch von Antimonoxyd aus; diese Erscheinung dauert noch eine Weile fort, auch wenn man die Probe aus der Flamme genommen hat, sie wird besonders deutlich, wenn man mit dem Löthrohr einen Luftstrom auf die Probe richtet. — Hält man dagegen diese ruhig, so dass der Rauch gerade aufsteigt, so umgibt sich das Metallkorn mit einem Netze von spiessigen, glänzenden Antimonoxydkrystallen. Salpetersäure oxydirt das Antimon leicht, verdünnte verwandelt es fast ganz in Oxyd, bei Einwirkung concentrirterer bildet sich mehr und mehr Antimonsäure, siedende concentrirte oxydirt fast vollständig zu Antimonsäure; beide Oxydationsstufen sind in Salpetersäure nicht ganz unlöslich, es finden sich daher in der vom Niederschlage abfiltrirten sauren Flüssigkeit stets Spuren von Antimon. Salzsäure, selbst kochende, greift das Antimon nicht an, Königswasser löst es leicht. Die Lösung enthält, je nach der Dauer der Einwirkung und der Concentration, Chlorür ($SbCl_3$) oder Chlorid ($SbCl_5$).

2. Das Antimonoxyd stellt je nach seiner Darstellungsweise entweder weisse, glänzende nadelförmige Krystalle oder ein weisses Pulver dar. Es schmilzt bei abgehaltener Luft in gelinder Glühhitze und verflüchtigt sich ohne Zersetzung in höherer Temperatur. Von Salzsäure und Weinsteinsäure wird es leicht, von Salpetersäure kaum merklich gelöst. Kocht man es mit (chlorfreier) Salzsäure und (von Jodsäure freiem) Jodkalium, so erfolgt keine Jodausscheidung (Bunsen). Mit Cyankalium geschmolzen, wird das Antimonoxyd leicht reducirt.

3. Die Antimonsäure (SbO_5) ist blassgelb, die Hydrate derselben sind weiss. Jene und diese röthen feuchtes Lackmuspapier, lösen sich in Wasser kaum, in Salpetersäure fast nicht, in erhitzter concentrirter Salzsäure ziemlich leicht zu einer Antimonchlorid ($SbCl_5$) enthaltenden, bei Wasserzusatz sich trübenden Lösung. Beim Kochen der Antimonsäure mit Salzsäure und Jodkalium erfolgt Ausscheidung von Jod, welches sich in der vorhandenen Jodwasserstoffsäure mit brauner Farbe löst (Bunsen). — Beim Glühen gibt die Antimonsäure Sauerstoff ab und geht in unschmelzbares antimonsaures Antimonoxyd (SbO_3, SbO_5) über. Von den antimonsauren Salzen ist fast nur das Kali- und Ammonsalz in Wasser löslich, Säuren fällen aus den Lösungen Antimonsäurehydrat, Chlornatrium fällt antimonsaures Natron (§. 90. 2).

4. Die Salze des Antimonoxyds werden grösserentheils beim Glühen zersetzt, die Haloidsalze verflüchtigen sich leicht und ohne Zer-

legung. Die löslichen neutralen Antimonsalze röthen Lackmus; mit viel Wasser liefern sie unlösliche basische Salze und saure, Antimonoxyd enthaltende Lösungen. So scheidet *Wasser* aus der Lösung des Antimonchlorürs in Salzsäure einen weissen, voluminösen, nach einiger Zeit schwer und krystallinisch werdenden Niederschlag von basischem Chlorantimon (Algarothpulver), $SbCl_3, 5SbO_3$, ab. Weinsteinsäure löst den Niederschlag mit Leichtigkeit, sie verhindert daher auch die Fällung, wenn sie vor dem Verdünnen mit Wasser zugesetzt wird. Durch dieses Verhalten unterscheidet sich das basische Antimonchlorür von den unter gleichen Umständen gebildeten basischen Wismuthsalzen.

5. *Schwefelwasserstoff* schlägt das Antimon aus neutralen Lösungen des Oxyds unvollkommen, aus alkalischen nicht, oder wenigstens nicht vollständig, aus sauren aber, wenn die Menge der freien Säure (Mineralsäure) nicht allzu gross ist, vollständig als orangerothes, amorphes Antimonsulfür (SbS_3) nieder. Der Niederschlag wird von Kali und von alkalischen Schwefelmetallen, besonders wenn diese einen Ueberschuss an Schwefel enthalten, leicht, von Ammon wenig, von doppelt-kohlensaurem Ammon aber, wenn er frei von Antimonsulfid ist, fast nicht aufgenommen. In verdünnten Säuren sowie in saurem schwefligsaurem Kali ist er unlöslich. Concentrirte kochende Salzsäure löst denselben unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas.

Beim Erhitzen an der Luft geht der Niederschlag in ein Gemenge von antimonsaurem Antimonoxyd mit Schwefelantimon über. Wird er mit salpetersaurem Natron verpufft, so erhält man schwefelsaures und antimonsaures Natron. — Kocht man die kalische Auflösung des Antimonsulfürs mit Wismuthoxyd, so entsteht Schwefelwismuth, und in der Lösung bleibt Antimonoxyd in Kali gelöst. Schmelzt man Schwefelantimon mit Cyankalium, so bekommt man regulinisches Antimon und Rhodankalium. Nimmt man die Operation in einem unten zu einer Kugel aufgeblasenen Röhrchen oder in einem Strome von kohlensaurem Gas vor (siehe §. 132. 12), so bekommt man kein Sublimat von Antimon. Erhitzt man hingegen mit Soda oder mit Soda und Cyankalium gemengtes Schwefelantimon in einem Strome von Wasserstoffgas (vergl. §. 132. 4), so erhält man einen Antimonspiegel in der Röhre dicht hinter der Stelle, an welcher das Gemenge lag.

Aus der salzsauren Auflösung der Antimonsäure fällt Schwefelwasserstoff Antimonsulfid (SbS_5), gemengt mit Antimonsulfür und Schwefel. Der Niederschlag löst sich beim Erhitzen mit Natronlauge oder Ammon leicht, in kaltem doppeltkohlensaurem Ammon sehr wenig, in concentrirter kochender Salzsäure leicht unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von Schwefel.

6. *Schwefelammonium* bewirkt in Antimonoxydlösungen einen orangerothen Niederschlag von Antimonsulfür. Ein Uebermaass des Fällungsmittels nimmt ihn, wenn es überschüssigen Schwefel enthält, leicht auf. Säuren schlagen aus dieser Lösung Antimonsulfid (SbS_5) nieder.

Seine Orangefarbe erscheint jedoch alsdann meist durch beigemengten Schwefel heller.

7. *Kali*, *Natron*, *Ammon*, *kohlensaures Natron* und *kohlensaures Ammon* fällen aus den Lösungen des Antimonchlorürs oder einfacher Antimonoxydsalze, weit weniger vollständig und meist erst nach einiger Zeit aus den Lösungen des Brechweinsteins oder analoger Verbindungen, weisses voluminöses Antimonoxyd, welches in einem Uebermaasse von Kali oder Natron ziemlich leicht, in Ammon fast nicht, in kohlensaurem Natron nur in der Wärme löslich ist.

8. *Metallisches Zink* scheidet aus allen Antimonoxydlösungen, wenn sie keine freie Salpetersäure enthalten, metallisches Antimon als schwarzes Pulver ab. Bringt man einige Tropfen einer etwas freie Salzsäure enthaltenden Antimonlösung in ein Platinschälchen (die Innenseite eines Platintiegeldeckels) und legt ein kleines Stückchen Zink in die Lösung, so scheidet sich — unter Entwickelung von Antimonwasserstoff enthaltendem Wasserstoff — Antimon aus. Der von der Flüssigkeit bedeckte Theil des Platins färbt sich hierdurch braun oder schwarz, selbst bei sehr verdünnten Lösungen, so dass ich diese Reaction als eine ebenso empfindliche wie charakteristische bestens empfehlen kann. — Durch kalte Salzsäure verschwindet der Fleck nicht, durch Erwärmen mit Salpetersäure sogleich.

9. Versetzt man eine Auflösung von Antimonoxyd in Kali- oder Natronlauge mit *salpetersaurem Silberoxyd*, so entsteht neben dem graubraunen Niederschlag von Silberoxyd ein tief schwarzer von Silberoxydul. Fügt man jetzt Ammon im Ueberschuss zu, so löst sich jenes, während dieses ungelöst bleibt (H. Rose). Das Silberoxydul entsteht nach dem Schema $KO, SbO_3 + 4AgO = KO, SbO_5 + 2Ag_2O$. — Diese höchst empfindliche Reaction bietet namentlich auch ein treffliches Mittel, Antimonoxyd neben Antimonsäure nachzuweisen.

10. Bringt man eine Auflösung von Antimonoxyd in eine Flasche, in welcher aus reinem Zink und verdünnter Schwefelsäure Wasserstoff entwickelt wird, so oxydirt sich das Zink nicht nur auf Kosten des Sauerstoffs aus dem Wasser, sondern auch auf Kosten dessen im Antimonoxyd. Antimon scheidet sich also metallisch ab, ein Theil desselben verbindet sich aber im Moment der Abscheidung mit Wasserstoff zu Antimonwasserstoffgas (SbH_3). Nimmt man diese Operation in einer Gasentbindungsflasche vor, verschliesst die Oeffnung derselben mit einem Kork, in welchen der eine Schenkel einer Glasröhre gepasst ist, deren anderer in eine fein ausgezogene, am Ende abgekneipte Spitze ausgeht*), und entzündet, nachdem alle atmosphärische Luft ausgetrieben ist, das aus der feinen Oeffnung strömende Wasserstoffgas, so erscheint die Flamme

*) Bei genauen Prüfungen ist der zur Marsh'schen Arsenprüfung gehörige Apparat (§. 132. 10) anzuwenden. Die Färbung der Flamme erscheint besonders deutlich und rein, wenn das Gas aus einer Platinspitze ausströmt.

durch das bei der Zersetzung des Antimonwasserstoffs sich ausscheidende, in der Flamme verbrennende Antimon bläulich grün; es erhebt sich daraus ein weisser Rauch von Antimonoxyd, der sich leicht an kalte Körper anlegt und von Wasser nicht gelöst wird. — Hält man aber einen kalten Körper, am besten eine Porzellanschale, in die Flamme, so setzt sich darauf das metallische Antimon höchst fein zertheilt, mit tiefschwarzer Farbe, als fast glanzloser Fleck ab. Erhitzt man die Glasröhre, durch welche das Gas strömt, in der Mitte zum Glühen, so nimmt die bläulich grüne Färbung der Flamme ab, und man erhält gleichzeitig zu beiden Seiten der erhitzten Stelle in der Glasröhre einen silberglänzenden Metallspiegel von Antimon.

Da die Säuren des Arsens unter gleichen Umständen ähnliche Flecken von metallischem Arsen geben, so ist es nothwendig, die entstandenen näher zu prüfen, ehe man mit Bestimmtheit sagen kann, ob sie aus Antimon bestehen oder solches enthalten. Bei den in einer Porzellanschale enthaltenen Flecken erreicht man seinen Zweck am einfachsten, indem man sie mit einer Auflösung von Chlornatron — unterchlorigsaurem Natron mit Chlornatrium — (durch Versetzen einer Chlorkalklösung mit etwas überschüssigem kohlensaurem Natron und Filtriren zu erhalten) übergiesst, wodurch sie nicht oder doch erst nach sehr langer Einwirkung verschwinden (während Arsenflecken sich sogleich lösen); — einen in der Glasröhre enthaltenen Spiegel dagegen erkennt man zunächst daran, dass er sich, wenn man ihn in der Röhre, durch welche noch Wasserstoff hindurchstreicht, erhitzt, nur bei höherer Temperatur verflüchtigt, dass das hierbei entweichende Wasserstoffgas nicht knoblauchartig riecht, dass es, entzündet, nur bei starkem Gasstrom auf Porzellan Flecken absetzt, und dass der Spiegel vor der Verflüchtigung zu kleinen glänzenden, mit der Lupe deutlich wahrnehmbaren Kügelchen schmilzt. — Eine sehr sichere Unterscheidung lässt sich ferner in der Art erzielen, dass man durch die den Anflug enthaltende Röhre einen ganz langsamen Strom von trocknem Schwefelwasserstoff leitet und den Spiegel mit einer Gas- oder Spirituslampe von aussen nach innen zu, also gegen die Richtung des Gasstromes, mässig erhitzt. Das Antimon verwandelt sich alsdann in mehr oder weniger rothgelbes, in dicken Schichten fast schwarz erscheinendes Schwefelantimon. Führt man nun durch die nämliche Glasröhre einen schwachen Strom trocknen salzsauren Gases, so verschwindet das Schwefelantimon, wenn es eine dünne Schicht bildete, augenblicklich, wenn der Anflug dicker war, in kurzer Zeit. Das Schwefelantimon setzt sich nämlich leicht mit dem Chlorwasserstoff um, und das entstehende Antimonchlorür ist in dem Strome des salzsauren Gases ausserordentlich flüchtig. Leitet man denselben in etwas Wasser, so lässt sich in diesem die Gegenwart des Antimons mit Leichtigkeit durch Schwefelwasserstoff nachweisen. Durch diese Vereinigung von Reactionen ist das Antimon von allen anderen Metallen mit Sicherheit zu unterscheiden.

Das Verhalten des Antimonwasserstoff enthaltenden Wasserstoffgases zu salpetersaurer Silberoxydlösung und zu festem Kalihydrat wird unten §. 134. 6 besprochen werden.

11. Setzt man mit *Soda* und *Cyankalium* gemengte Antimonverbindungen im Kohlengrübchen der inneren *Löthrohrflamme* aus, so erhält man spröde Kügelchen von metallischem Antimon, welche an den eigenthümlichen Erscheinungen, unter denen sie sich oxydiren, leicht erkannt werden (vergl. §. 131. 1).

12. Bringt man Antimonverbindungen in den oberen Reductionsraum der Gasflamme (S. 30), so färbt sich die Flamme grünlich fahl, ohne Geruch zu verbreiten, der Reductionsbeschlag ist schwarz, bald matt, bald spiegelnd, der Oxydbeschlag weiss. Er gibt mit völlig neutralem salpetersaurem Silberoxyd befeuchtet und dann mit Ammoniak angeblasen einen schwarzen Fleck von antimonsaurem Silberoxydul (Bunsen).

§. 132.

d. Arsenige Säure (AsO_3).

1. Das metallische Arsen ist schwarzgrau, spiegelnd; an trockner Luft behält es seinen Glanz, an feuchter verliert es denselben, indem es sich mit Suboxyd überzieht; daher erscheint das käufliche Arsenmetall matt, auf den Krystallflächen bronzefarbig schillernd. Das Arsen ist nicht sehr hart, sehr spröde, es verdampft, ohne zuvor zu schmelzen, bei dunkler Glühhitze. Die Dämpfe haben einen höchst charakteristischen, knoblauchartigen Geruch, den man dem entstehenden dampfförmigen Arsensuboxyd zuschreibt. Erhitzt man das Arsen bei vollem Luftzutritt, so verbrennt es — bei stärkerer Hitze mit bläulicher Flamme — einen weissen Rauch von arseniger Säure ausstossend, der sich an kalte Körper anlegt. Erhitzt man es in einer unten zugeschmolzenen Glasröhre, so verflüchtigt es sich grösstentheils unoxydirt und legt sich über der erhitzten Stelle als glänzendes schwarzes (in sehr dünnen Schichten braunschwarzes) Sublimat (als Arsenspiegel) an. — In Berührung mit Luft und Wasser oxydirt sich das Arsen langsam zu arseniger Säure; schwache Salpetersäure oxydirt es beim Erhitzen zu arseniger Säure, welche sich nur wenig im Säureüberschuss löst, starke verwandelt es theilweise in Arsensäure; von Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure wird es nicht gelöst, concentrirte kochende Schwefelsäure oxydirt es unter Entwickelung von schwefliger Säure zu arseniger Säure.

2. Die arsenige Säure stellt meistens entweder eine durchsichtige, glasartige oder eine weisse, porzellanartige Masse dar. Zerrieben erscheint sie als ein sandiges, schweres, weisses Pulver. Sie verflüchtigt sich beim Erhitzen in weissen, geruchlosen Dämpfen. Nimmt man das Erhitzen in einer Glasröhre vor, so erhält man ein aus kleinen, glänzenden Octaëdern und Tetraëdern bestehendes Sublimat. Von Wasser wird die arsenige Säure gleich einem fetten Körper nur schwierig benetzt; in kaltem Was-

ser ist sie schwer, in heissem leichter löslich. Von Salzsäure sowie von Kali- und Natronlauge wird sie in reichlicher Menge aufgenommen. Beim Kochen mit Königswasser löst sie sich zu Arsensäure. Sie wirkt sehr giftig.

3. Die arsenigsauren Salze zerfallen grösstentheils beim Glühen, und zwar entweder in sich verflüchtigendes Arsen und arsensaures Salz, oder in arsenige Säure und Basis. — Von den arsenigsauren Salzen sind nur die mit alkalischer Base in Wasser löslich, die in Wasser unlöslichen werden von Salzsäure aufgenommen oder wenigstens zersetzt. Das wasserfreie Arsenchlorür ($AsCl_3$) ist eine farblose, an der Luft rauchende, flüchtige Flüssigkeit, welche sich mit wenig Wasser mischen lässt, bei Zusatz von mehr Wasser aber zerfällt sie in arsenige Säure, welche sich zum Theil ausscheidet, und Salzsäure, welche den Rest der arsenigen Säure in Lösung erhält. Eine Auflösung von arseniger Säure in Salzsäure lässt beim Erhitzen und Eindampfen mit dem Chlorwasserstoff Chlorarsen entweichen.

4. *Schwefelwasserstoff* färbt die wässerige Lösung der arsenigen Säure gelb, ohne einen Niederschlag zu erzeugen, auch die wässerigen Lösungen neutraler arsenigsaurer Alkalien werden nicht gefällt; fügt man aber eine stärkere Säure zu, so entsteht sofort ein lebhaft gelber Niederschlag von Arsensulfür (AsS_3). Derselbe bildet sich in gleicher Weise in der salzsauren Lösung der in Wasser unlöslichen arsenigsauren Salze. Selbst ein grosser Ueberschuss von Salzsäure hindert die vollständige Ausfällung nicht. Alkalische Lösungen werden nicht niedergeschlagen. Der Niederschlag wird von reinen, von einfach- und doppelt-kohlensauren Alkalien sowie von alkalischen Schwefelmetallen schnell und vollständig, von Salzsäure, selbst kochender concentrirter, fast nicht aufgenommen. Kochende Salpetersäure zersetzt und löst ihn leicht.

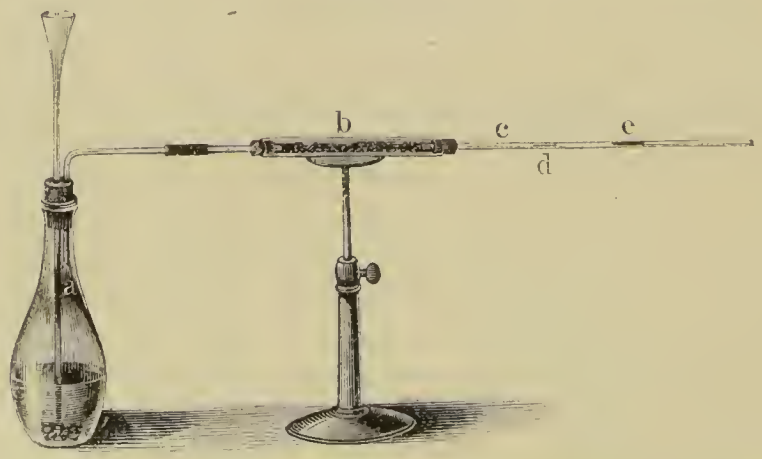
Digerirt man frisch gefälltes Arsensulfür mit saurem schwefligsaurem Kali und schwefliger Säure, so löst es sich, kocht man, so trübt sich die Flüssigkeit durch ausgeschiedenen Schwefel, der bei längerem Kochen zum grösseren Theil wieder verschwindet. Die Flüssigkeit enthält, nach Verjagung der schwefligen Säure, arsenigsaures und unterschwefligsaures Kali: $2AsS_3 + 8(KO, 2SO_2) = 2(KO, AsO_3) + 6(KO, S_2O_2) + S_3 + 7SO_2$ (Bunsen).

Beim Verpuffen des Arsensulfürs mit kohlensaurem und salpetersaurem Natron erhält man arsensaures und schwefelsaures Natron. Beim Kochen einer kalischen Lösung des Arsensulfürs mit hydratischem, kohlensaurem oder basisch salpetersaurem Wismuthoxyd entsteht Schwefelwismuth und arsenigsaures Kali.

Mengt man Schwefelarsen mit drei bis vier Theilen kohlensaurem Natron unter Zusatz von etwas Wasser, streicht die breiartige Masse auf kleine Glassplitterchen und erhitzt diese, nach gutem Austrocknen, in einer Glasröhre, durch welche trocknes Wasserstoffgas geleitet wird, rasch zum Glühen, so wird, wenn die Temperatur hoch genug ist, ein grosser

Theil des Arsens reducirt und ausgetrieben. Einen Theil des ausgetriebenen erhält man in Form eines Metallspiegels in der Glasröhre, der Rest wird in dem Gas suspendirt fortgerissen und bewirkt, dass dasselbe, angezündet, mit bläulicher Flamme brennt, sowie dass man Arsenflecken auf einer in die Flamme gehaltenen Porzellanschale bekommt. Beim Zusammenschmelzen von Arsensulfür und kohlensaurem Natron entsteht zuerst Schwefelarsen-Schwefelnatrium und arsenigsaures Natron: [$2\,As\,S_3 + 4\,(Na\,O,\,C\,O_2) = 3\,Na\,S,\,As\,S_3 + Na\,O,\,As\,O_3 + 4\,C\,O_2$]. Beim Erhitzen zerfällt das arsenigsaure Natron in Arsen und arsensaures Natron ($5\,As\,O_3 = 2\,As + 3\,As\,O_5$), das Arsensulfür-Schwefelnatrium in Arsen und Arsensulfid-Schwefelnatrium ($5\,As\,S_3 = 2\,As + 3\,As\,S_5$), und durch die Einwirkung des Wasserstoffs wird auch das arsensaure Natron in Natronhydrat, Arsen und Wasser übergeführt. Es wird somit alles Arsen ausgetrieben mit Ausnahme des in die Form des Arsensulfid-Schwefelnatriums übergegangenen, welches Sulfosalz durch Wasserstoff nicht zersetzt wird (H. Rose). — Diese Reductionsmethode gibt zwar sehr genaue Resultate, sie gestattet jedoch nicht, Arsen von Antimon mit genügender Sicherheit zu unterscheiden, oder jenes neben diesem zu entdecken (vergl. §. 131. 5). Dem Apparat (Fig. 36) gibt man folgende Einrichtung:

Fig. 36.



a ist die Entwickelungsflasche, *b* eine Röhre mit Chlorcalcium, *c* die aus bleifreiem schwer schmelzbarem Glase bestehende Röhre, in welcher bei *d* das Glassplitterchen mit dem Gemenge liegt. Man erwärmt dieses, wenn der Apparat vollständig mit reinem Wasserstoffgas erfüllt ist, erst ganz gelinde, um etwa noch vorhandene Feuchtigkeit zu entfernen, dann plötzlich sehr stark, am besten mit der mit Schornstein versehenen Gas- oder auch mit der Löthrohrflamme, um das Subliminen unzersetzten Schwefelarsens zu verhüten. Bei *c* legt sich alsdann der Metallspiegel an. — Eine andere Methode, das Schwefelarsen in metallisches Arsen überzuführen, welche mit grösster Empfindlichkeit den Vorzug verbindet, Verwechselung des Arsens mit Antimon unmöglich zu machen, wird unter Nummer 12 dieses Paragrapheu besprochen werden.

5. *Schwefelammonium* bewirkt ebenfalls die Bildung von Arsensulfür. Es scheidet sich dasselbe jedoch, wenn die Lösungen neutral oder alkalisch sind, nicht aus, sondern bleibt als Schwefelarsen-Schwefelammonium gelöst. Bei Zusatz von freier Säure wird es aus dieser Lösung sogleich gefällt.

6. *Salpetersaures Silberoxyd* erzeugt in der wässerigen Lösung der arsenigen Säure keine oder nur eine ganz geringe gelblich-weisse Trübung, setzt man aber ein wenig Ammon zu, so entsteht ein gelber Niederschlag von arsenigsaurem Silberoxyd ($3\,AgO,\ AsO_3$). Derselbe entsteht natürlich sogleich, wenn die Lösung eines neutralen arsenigsauren Salzes mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt wird. Der Niederschlag löst sich leicht in Salpetersäure, wie auch in Ammon, auch in salpetersaurem Ammon ist er nicht unlöslich; löst man daher eine kleine Menge Niederschlag in viel Salpetersäure und stumpft diese alsdann mit Ammon ab, so erscheint der Niederschlag nicht wieder, weil er in dem entstandenen salpetersauren Ammon gelöst bleibt. Erhitzt man eine ammoniakalische Lösung von arsenigsaurem Silberoxyd zum Sieden, so scheidet sich metallisches Silber aus, während die arsenige Säure in Arsensäure übergeht.

7. *Schwefelsaures Kupferoxyd* bewirkt unter denselben Umständen wie das salpetersaure Silberoxyd einen gelbgrünen Niederschlag von arsenigsaurem Kupferoxyd.

8. Löst man arsenige Säure in überschüssiger kaustischer Kali- oder Natronlauge, oder versetzt man die Lösung eines arsenigsauren Alkalis mit *ätzendem Kali* oder *Natron*, fügt alsdann ein wenig einer verdünnten *Kupfervitriollösung* hinzu, so erhält man eine klare, blaue Lösung, kocht man, so bekommt man einen rothen Niederschlag von Kupferoxydul; in der Lösung hat man arsensaures Kali. Diese Reaction ist, wenn man nicht zu viel Kupferlösung nimmt, in hohem Grade empfindlich. Ist der rothe Niederschlag des Kupferoxyduls bei durchfallendem Lichte nicht mehr erkennbar, so wird er doch, auch wenn er in geringster Menge zugegen ist, noch mit grosser Deutlichkeit wahrgenommen, wenn man von oben in das Proberöhrchen sieht. Dass diese Reaction, so wichtig sie in einzelnen Fällen zur bestätigenden Prüfung auf arsenige Säure, vor Allem aber zur Unterscheidung der arsenigen Säure von der Arsensäure ist, nicht als Mittel dienen kann, die Anwesenheit des Arsens geradezu zu erforschen, versteht sich von selbst, da ja Traubenzucker und andere organische Substanzen unter gleichen Umständen aus Kupfersalzen ebenfalls Kupferoxydul abscheiden.

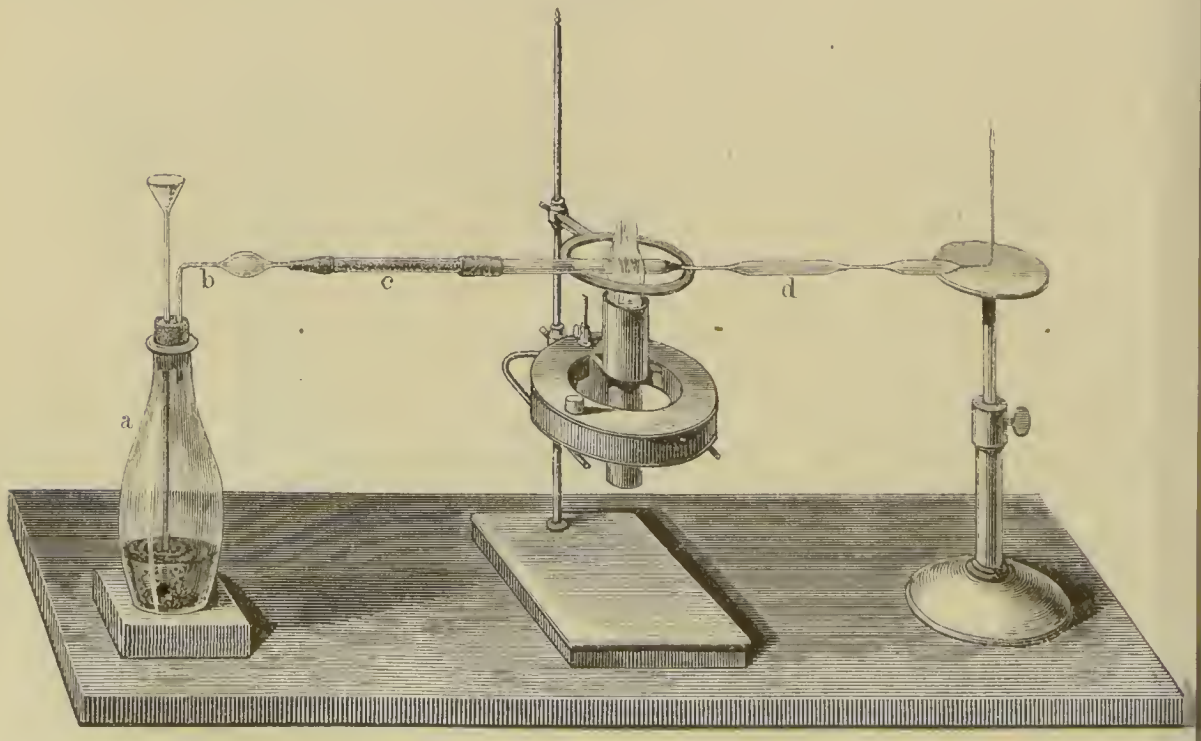
9. Erhitzt man eine mit Salzsäure versetzte Lösung von arseniger Säure mit einem vollkommen blanken Kupferstreifen oder Kupferdrahte, so bildet sich auf dem Kupfer auch bei grosser Verdünnung ein eisengrauer metallischer Ueberzug, welcher sich, wenn er dicker wird, in schwarzen Schuppen ablöst. Erhitzt man das beschlagene Kupferstreifchen, nach dem Abwaschen der freien Säure, mit wässerigem Ammon

so trennt sich der Ueberzug von dem Kupfer und setzt sich in Flitterchen ab (Reinsch). Man beachte, dass diese nicht reines Arsen, sondern Arsenkupfer (Cu_5As) sind. Beim Erhitzen der bloss getrockneten, oder auch der durch Glühen im Luftstrom (wobei etwas arsenige Säure entweicht) oxydirten Substanz im Wasserstoffstrom entweicht relativ wenig Arsen, kupferreichere Legirungen bleiben zurück (Fresenius, Lippert).

Nur nachdem in der Legirung Arsen nachgewiesen worden, ist die Reaction für Arsen wirklich entscheidend, da Antimon und andere Metalle sich unter gleichen Umständen in ähnlicher Art auf dem Kupfer niederschlagen.

10. Bringt man eine saure oder neutrale Auflösung der arsenigen Säure oder eines arsenigsauren Salzes mit *Zink*, *Wasser* und *verdünnter Schwefelsäure* zusammen, so bildet sich auf dieselbe Weise gasförmiger Arsenwasserstoff (AsH_3), auf welche sich bei Anwesenheit einer Antimonverbindung Antimonwasserstoffgas erzeugt (vergl. §. 131. 10). Diese Reaction ist geeignet, die kleinsten Mengen von Arsen nachzuweisen. Man bedient sich hierbei des in Fig. 37 abgebildeten oder eines ähnlich construirten Apparates*).

Fig. 37.



a ist die Entwickelungsflasche, *b* eine Kugel, in welcher sich mitgerissenes Wasser absetzt, *c* eine mit Baumwolle und Chlorcalciumstücken gefüllte Röhre zum Trocknen des Gases. Dieselbe ist durch mit Natron-

*) Ich adoptire gern die von Otto in seinem ausgezeichneten Lehrbuche der Chemie empfohlene sehr zweckmässige Form des Marsh'schen Apparates.

lange ausgekochte Kautschukröhren mit *b* und *d* verbunden. *d* sei im Lichten etwa 7 Millimeter weit (Fig. 38) und bestehe aus bleifreiem, schwer schmelzbarem Glase. Bei genaueren Versuchen ziehe man die Röhre so aus, wie es die Fig. 37 zeigt. Man entwickle jetzt in *a* aus reinem granulirtem Zink und mit 3 Thln. Wasser verdünntem Schwefelsäurehydrat, zweckmässig unter Zusatz von einigen Tropfen Platinchlorid, einen gleichförmigen und mässigen Strom Wasserstoffgas. — Sobald man sicher sein kann, dass alle Luft aus dem Apparate ausgetrieben ist, entzündet man das aus der Röhre *d* ausströmende Gas, wobei die Vorsichtsmaassregel, zuvor ein Tuch um die Flasche zu schlagen, wodurch man sich bei etwaiger Explosion vor Verletzung schützt, keineswegs zu verachten ist. — Man muss sich jetzt zuerst mit Sicherheit überzeugen, dass weder das Zink noch die Schwefelsäure Arsen enthält, und dies geschieht, indem man eine Schale von echtem Porzellan wagerecht und in der Art in die Flamme hält, dass sich letztere auf der Fläche ausbreitet. Enthält das Wasserstoffgas Arsenwasserstoff, so entstehen bräunliche oder braunschwarze Arsenflecken auf dem Porzellan. Ist dies nicht der Fall, so erhitzt man bei genaueren Versuchen auch noch die in der Figur bezeichnete Stelle des Rohres *d* mit der Berzelius'schen Lampe oder der Gaslampe andauernd zum Glühen und erwartet, ob sich nicht an dem verengten Theile der Röhre ein Arsenanflug zeigt. Hat man sich auf diese Weise überzeugt, dass das Wasserstoffgas rein ist, so giesst man durch die Trichterröhre die auf Arsen zu prüfende Flüssigkeit und spült dann die Röhre mit Wasser nach. Es ist dringend zu empfehlen, zuerst nur ganz wenig von der auf Arsen zu prüfenden Flüssigkeit einzugiessen, denn enthält dieselbe irgend erhebliche Mengen von Arsen und man giesst etwas viel hinzu, so wird die Gasentwickelung oft so stürmisch, dass der Versuch nicht fortgesetzt werden kann.

Fig. 38.

Enthält nun die eingegossene Flüssigkeit eine Sauerstoffverbindung des Arsens oder Arsen in Verbindung mit einem Salzbilder, so entwickelt sich alsbald mit dem Wasserstoffgas Arsenwasserstoff, welcher die Flamme in Folge des ausgeschiedenen, in der Flamme verbrennenden Arsens sogleich bläulich erscheinen lässt. Zu gleicher Zeit erhebt sich aus der Flamme ein weisser Rauch von arseniger Säure, welcher sich an kalte Körper anlegt. Hält man jetzt eine Porzellanschale in die Flamme, so setzt sich das ausgeschiedene, noch nicht wieder oxydirte Arsen, in ganz ähnlicher Art wie das Antimon (vergl. §. 131. 10), in Gestalt schwarzer Flecken ab. Die des Arsens sind jedoch mehr braunschwarz, stark glänzend, die des Antimons, wie angeführt, matt und tief schwarz; auch lassen sich die Arsenflecken von den Antimonflecken leicht unterscheiden, wenn man sie mit einer Auflösung von Chlornatron — unterchlorigsaurem Natron mit Chlornatrium — übergiesst (vergl. §. 131. 10), welche die Arsenflecken sogleich, die Antimonflecken nicht oder erst nach langer Einwirkung löst.

Erhitzt man die Röhre *d* an der durch die Figur angedeuteten Stelle, so setzt sich hinter derselben, in dem verengten Theile, ein glänzender Arsenspiegel an, welcher dunkler und weniger silberweiss ist als ein Antimonspiegel, auch daran leicht erkannt werden kann, dass er sich im Wasserstoffstrom, ohne zuvor zu schmelzen, sehr leicht forttreiben lässt, und dass dabei das entweichende (unangezündete) Gas den charakteristischen Arsengeruch in hohem Grade annimmt. Entzündet man das Gas, während man den Spiegel in der Röhre erhitzt, so setzt die Flamme an eine hineingehaltene Porzellanschale schon bei ganz schwachem Gasstrom Arsenflecken ab.

Die angegebenen Mittel genügen vollkommen, um Arsenflecken und Arsenspiegel von Antimonanflügen zu unterscheiden, sie reichen aber oft nicht hin, um Arsen mit Gewissheit zu entdecken, wenn dasselbe zugleich mit Antimon vorhanden ist. Um in solchem Falle Gewissheit zu erlangen, verfährt man am besten folgendermaassen:

Man erhitzt die lange Röhre, durch welche das näher zu prüfende Gas streicht, an mehreren Stellen zum Glühen und verschafft sich auf diese Art möglichst starke Metallspiegel. Man leitet alsdann einen ganz schwachen Strom trocknes Schwefelwasserstoffgas durch die Röhre und erhitzt die Metallspiegel mit einer Gas- oder einfachen Weingeistlampe von aussen nach innen zu. Man erhält dadurch, im Falle nur Arsen zugegen ist, gelbes Schwefelarsen in der Röhre, im Falle nur Antimon anwesend ist, orangerothes oder schwarzes Schwefelantimon, im Falle aber der Metallspiegel aus Arsen und Antimon bestanden hat, beide Schwefelmetalle neben einander in der Art, dass das Schwefelarsen als das flüchtigere sich immer vor dem minder flüchtigen Schwefelantimon befindet. Leitet man jetzt durch die Röhre, welche Schwefelarsen, Schwefelantimon oder beide enthält, trocknes Chlorwasserstoffgas, ohne zu erwärmen, so bleibt, wenn nur Schwefelarsen zugegen ist, Alles unverändert, auch wenn das Gas lange Zeit über das Schwefelarsen streicht. War nur Antimon zugegen, so verschwindet, wie schon §. 131. 10 erwähnt, Alles aus der Röhre, war endlich Arsen und Antimon gleichzeitig vorhanden, so verflüchtigt sich das Schwefelantimon alsobald, das gelbe Schwefelarsen bleibt zurück. Zieht man jetzt etwas Salmiakgeist in das Röhrchen hinauf, so wird das Schwefelarsen gelöst und kann so leicht von etwa ausgeschiedenem Schwefel unterschieden werden. — Diese verschiedenen Reactionen in ihrer Vereinigung lassen eigenen Versuchen zufolge über die Anwesenheit des Arsens nie in Zweifel.

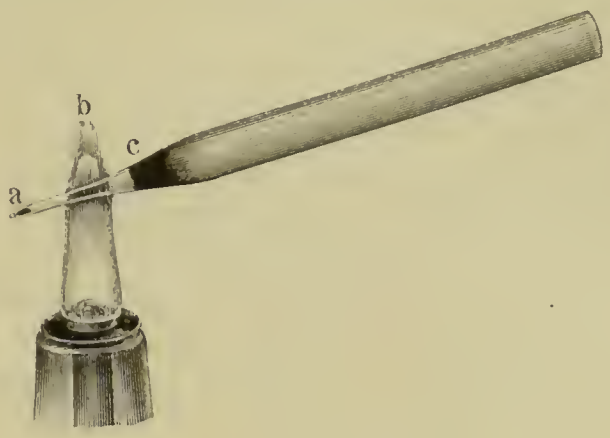
Das Verhalten Arsenwasserstoff enthaltenden Wasserstoffs zu salpetersaurer Silberoxydlösung wird §. 134. 6 besprochen werden.

Die Methode, das Arsen durch Erzeugung von Arsenwasserstoff zu entdecken, wurde von Marsh zuerst angegeben.

11. Bringt man in die Spitze des ausgezogenen Glasröhrchens (Fig. 39) ein Körnchen arsenige Säure (*a*), schiebt darüber ein durch Zerschlagen einer ganz frisch ausgeglühten Kohle gewonnenes Kohlen-

splitterchen und erhitzt erst dieses, dann die arsenige Säure zum Glühen, so bildet sich, indem die Dämpfe der arsenigen Säure durch die glühende

Fig. 39.



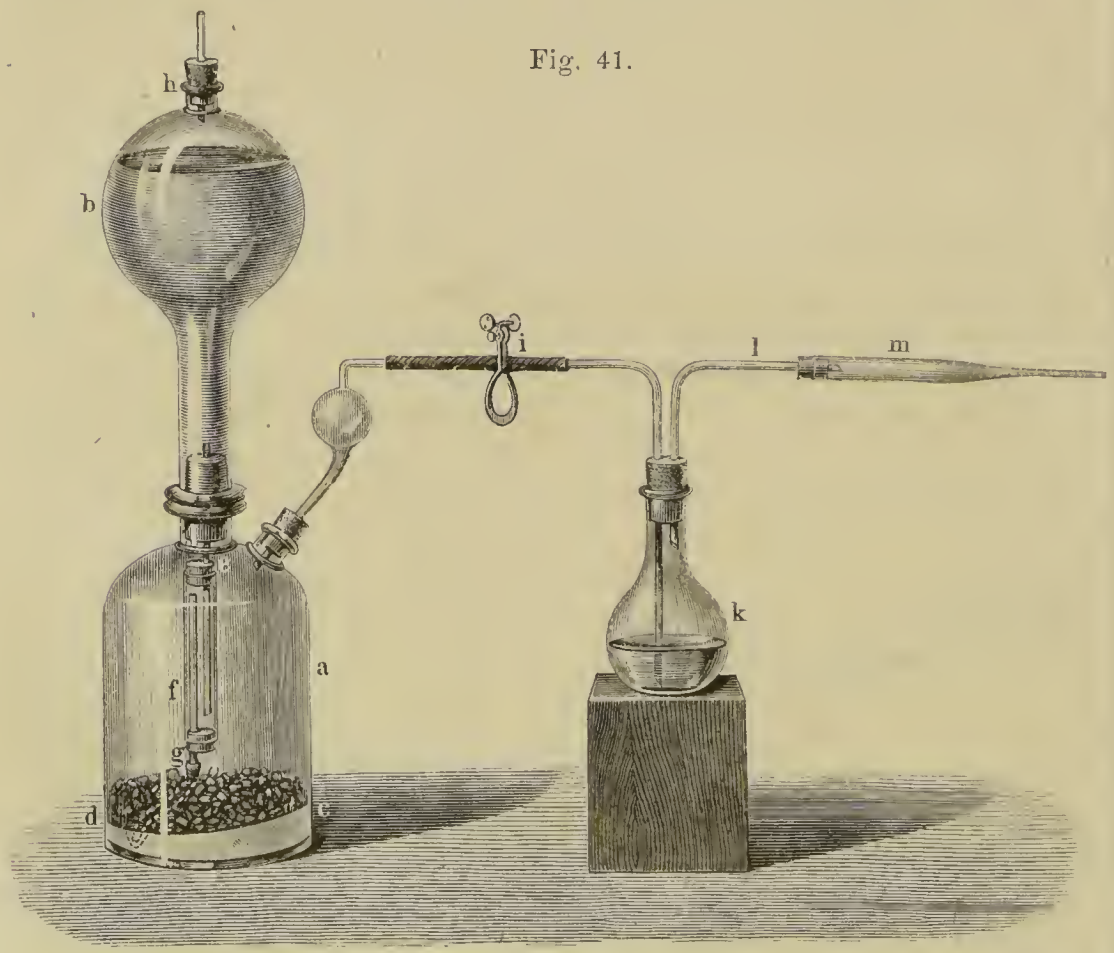
Kohle reducirt werden, bei *c* ein Spiegel von metallischem Arsen, welcher sich, wenn man die Röhre zwischen *b* und *c* abschneidet und dann in geneigter Lage (so dass *c* oben ist) erhitzt, unter Verbreitung des knoblauchartigen Geruches verflüchtigt. Es ist dies wie die einfachste, so die sicherste Methode, die reine arsenige Säure zu erkennen.

12. Werden arsenigsaure Salze, arsenige Säure oder Schwefelarsen mit einem Gemenge von gleichen Theilen trocknem *kohlensaurem Natron* und *Cyankalium* zusammengeschmolzen, so wird alles Arsen und je nach der Natur der Base auch diese reducirt, indem der Sauerstoff derselben einen Theil des Cyankaliums in cyansaures Kali verwandelt. Bei der Reduction von Schwefelarsen bildet sich Rhodankalium. — Man bringt die völlig trockne Arsenverbindung in ein am einen Ende zu einer kleinen Kugel aufgeblasenes Glasröhrchen (Fig. 40) und überschüttet sie mit der sechsfachen Quantität des ebenfalls völlig trocknen Gemenges. Die Kugel darf dadurch nur etwas mehr als halb angefüllt werden, widrigenfalls das schmelzende Cyankalium sich leicht in die Röhre hinaufzieht. Entweicht bei gelindem Erhitzen der Mischung noch etwas Wasser, so führt man ein zusammengedrehtes Fliesspapierstreifchen in die Röhre, um sie davon völlig zu befreien. Der Versuch gelingt in der That nur dann gut und sicher, wenn man auf das Austreiben des Wassers, das Trocknen und Reinigen der Röhre die grösste Sorgfalt verwendet. Die Reduction erfolgt beim stärkeren Erhitzen mit der Gas- oder Spirituslampe, wobei man nicht zu früh aufhören muss, indem es oft eine kleine Weile dauert, bis sich das Arsen vollständig sublimirt hat. Der Spiegel, welchen man bei *b* erhält, ist von ausgezeichneter Reinheit. Man bekommt einen solchen aus allen den arsenigsauren Sal-

Fig. 40.

zen, deren Basen entweder gar nicht oder zu solchen Arsenmetallen reducirt werden, die in der Hitze ihr Arsen theilweise oder ganz verlieren. — Diese Methode, Arsenverbindungen mit Cyankalium zu reduciren, verdient wegen ihrer Einfachheit, wegen der Sicherheit ihres Resultates, auch bei Gegenwart sehr kleiner Mengen von Arsen, und wegen der Reinlichkeit, mit welcher sie ausgeführt werden kann, ganz besonders hervorgehoben zu werden. — Vorzüglich geeignet ist sie zur directen Darstellung metallischen Arsens aus Schwefelarsen, in welcher Beziehung sie zweifelsohne alle früher angegebenen Methoden an Einfachheit und Genauigkeit übertrifft. — Die Empfindlichkeit der Reductionsmethode mit Cyankalium lässt sich ausserordentlich steigern, wenn man das Gemenge in einem Strome von trocknem kohlensaurem Gas erhitzt. — Allen und jeden Anforderungen entsprechende Resultate bekommt man nach eigenen, in Gemeinschaft mit L. v. Babo angestellten Versuchen auf folgende Weise mit dem in Fig. 41 und 42 abgebildeten Apparat.

Fig. 41.



a ist eine Flasche zur Entwickelung von Kohlensäure. Sie enthält bei *dc* eine nach *d* hin schräg abfallende Gypsschicht, welche leicht herzustellen ist, indem man Gypsbrei in der etwas schief gestellten Flasche erhärten lässt. Noch ehe dies ganz geschehen, bohrt man bei *d* eine kegelförmige Vertiefung in den Gyps. — Auf die Gypsschicht kommen grössere Stücke festen Kalksteins oder Marmors. Der Kolben *b* ist auf

die Flasche *a* mittelst zweier durchbohrten Kautschukstopfen, besser noch mittelst eines längeren, der nach beiden Enden hin etwas verjüngt ist, fest aufgesetzt. Der Kolben *b* steht mit der Flasche *a* durch die Glasröhre *c* in Verbindung, welche mit der Absperrung *f* versehen ist. Die aus dieser austretende Glasröhre *g* ist mit einem Kautschukschlauch verbunden, welcher bis in die conische Vertiefung des Gypsbodens reicht. Die Sperrvorrichtung ist aus dünnwandigen, beziehungsweise möglichst weiten Röhren construirt. Das Eingiessen des Wassers und der Salzsäure geschieht durch die Oeffnung *h*, welche dann durch einen ein Stückchen Glasrohr tragenden Stopfen geschlossen wird. Beim Oeffnen von *i* gelangt die Säure nach *a* und die Entwickelung der Kohlensäure beginnt. Beim Schliessen von *i* wird die Säure durch den Druck der Kohlensäure wieder nach *b* getrieben und die Entwickelung hört auf. Das aus dem Schraubenquetschhahne *i* austretende kohlensaure Gas gelangt zunächst in die kleine Kochflasche *k*, woselbst es durch die darin befindliche concentrirte Schwefelsäure getrocknet wird. Die Röhre *l* führt die Kohlensäure in die Reductionsröhre *m*, welche in Fig. 42 in $^1/_2$ ihrer Länge abgebildet ist, und welcher ich eine Weite von 8 Millimeter im Lichten zu geben pflege.

Fig. 42.

Wenn der Apparat zugerüstet und mit Kohlensäure gefüllt ist, reibt man in einem etwas erwärmten Reibschälchen das zur Reduction bestimmte völlig trockne Schwefelarsen oder arsenigsaure Salz mit 12 Thln. eines ganz arsenfreien (§. 46), aus 3 Thln. kohlensaurem Natron und 1 Thl. Cyankalium bestehenden, wohlgetrockneten Gemenges zusammen, bringt das Pulver auf ein schmales, rinnenförmig gebogenes Streifchen Kartenpapier, schiebt dieses in die Reductionsröhre bis *c* ein und dreht alsdann die Röhre halb um die Axe. Das Gemenge kommt auf diese Weise an die Stelle *de* der Reductionsröhre zu liegen, ohne dass sie sonst an einem anderen Theile beschmutzt wird. Die so gefüllte Röhre steckt man nunmehr an den Gasentbindungsapparat, lässt durch Oeffnen des Hahns *i* (Fig. 41) einen mässigen Kohlensäurestrom austreten und trocknet das Gemenge aufs Sorgfältigste aus, indem man die Röhre ihrer ganzen Länge nach mit einer Lampe sehr gelinde erwärmt. Ist jeder Beschlag von Wasser aus der Röhre verschwunden, so verlangsamt man den Gasstrom so, dass die einzelnen Blasen ungefähr in Zwischenräumen von einer Secunde durch die Schwefelsäure gehen, und erhitzt dann den Theil *c* (Fig. 42) durch eine Gas- oder Spirituslampe zum Glühen. Ist dieser Punkt erreicht, so erhitzt man mit einer zweiten Gas- oder grösseren Weingeistlampe das Gemenge, von *d* nach *c* fortschreitend, bis alles Arsen ausgetrieben ist. — Das reducirte Arsen legt sich bei *h* an, während

ein kleiner Theil bei *i* entweicht und die Luft mit Knoblauchgeruch erfüllt. Man rückt zuletzt mit der zweiten Lampe bis gegen *c* langsam vor und treibt auf diese Weise alles Arsen, was sich etwa in dem weiten Theile der Röhre angelegt hat, nach *h*. Ist dieses geschehen, so schmelzt man die Röhre an der Spitze zu und treibt den Spiegel durch Erhitzen von *i* nach *h* hin zusammen, wodurch er ein ganz besonders schönes und rein metallisches Ansehen bekommt. Man kann auf diesem Wege aus 0,0002 Gramm Schwefelarsen noch vollkommen deutliche Metallspiegel darstellen. — Schwefelantimon oder andere Antimonverbindungen, auf gleiche Art behandelt, liefern keine Metallspiegel.

13. Wird arsenige Säure oder eine ihrer Verbindungen auf *Kohle* der inneren *Löthrohrflamme* ausgesetzt, so verbreitet sich, besonders wenn der Probe noch etwas Soda zugesetzt wird, der mehrmals erwähnte charakteristische, an den des Knoblauchs erinnernde Geruch, welcher in der Reduction und Wiederoxydation des Arsens seinen Grund hat und selbst sehr kleine Spuren desselben erkennen lässt. Diese Reaction kann nichtsdestoweniger, wie alle, welche sich auf Gerüche gründen, zu Irrungen führen.

§. 133.

e. Arsensäure (AsO_5).

1. Das Arsensäurehydrat krystallisirt in wasserhellen, an der Luft zerfliesslichen Prismen von der Formel 2 (3 HO, AsO_5) + aq. Bei 100° entweicht das Krystallwasser, bei höherer Temperatur auch das Hydratwasser, und die Säure schmilzt. Bei starker Glühhitze zerfällt sie in Sauerstoff und arsenige Säure. Die wasserfreie Säure löst sich nur langsam in Wasser. Die Arsensäure wirkt giftig.

2. Die arsensauren Salze sind meist in Wasser unlöslich. Löslich sind von den sogenannten neutralen Salzen nur die mit alkalischer Basis. Die meisten neutralen und basischen arsensauren Salze ertragen starke Glühhitze, ohne zerlegt zu werden. Die sauren Salze verlieren ihren Säureüberschuss, indem er in arsenige Säure und Sauerstoff zerfällt.

Eine Auflösung der Arsensäure oder eines arsensauren Salzes in Salzsäure kann, wenn sie nicht zu reich an Salzsäure ist, andauernd gekocht werden, ohne dass sich Chlorarsen verflüchtigt; erst wenn der Rückstand aus etwa gleichen Theilen Salzsäure von 1,12 specif. Gewicht und Wasser besteht, entweichen mit dem Chlorwasserstoff Spuren von Arsenchlorür.

3. *Schwefelwasserstoff* fällt alkalische und neutrale Lösungen nicht, in gesäuerten veranlasst er zunächst unter Abscheidung von Schwefel eine Reduction der Arsensäure zu arseniger Säure; dann eine Fällung von Arsensulfür. Dieser Process wiederholt sich, bis endlich alles Arsen als AsS_3, gemengt mit 2 S, ausgefällt ist (Wackenroder, Lud-

wig, H. Rose). Die Einwirkung erfolgt nie sogleich, in verdünnten Lösungen oft erst nach langem Stehen, z. B. nach 12 bis 24 Stunden; sie wird durch Erwärmen (auf etwa 70° C.) sehr beschleunigt. Fügt man zur Auflösung der freien oder gebundenen Arsensäure schweflige Säure oder schwefligsaures Natron und etwas Salzsäure, so setzt sich die schweflige Säure (am schnellsten beim Erwärmen) mit der Arsensäure um, es entsteht arsenige Säure und Schwefelsäure. Fügt man jetzt Schwefelwasserstoff zu, so wird alles Arsen sofort als Arsensulfür gefällt.

4. *Schwefelammonium* verwandelt in neutralen und alkalischen Lösungen die Arsensäure in Arsensulfid, welches als Arsensulfid-Schwefelammonium in Lösung bleibt. Durch Zusatz von Säure wird diese Verbindung zersetzt, das Schwefelarsen scheidet sich ab. Die Abscheidung geht schneller vor sich als aus sauren Lösungen durch Schwefelwasserstoff. Durch Erwärmen wird sie begünstigt. Der so entstehende Niederschlag ist kein Gemenge von AsS_3 mit S_2, sondern AsS_5.

5. *Salpetersaures Silberoxyd* bewirkt unter den bei der arsenigen Säure angegebenen Umständen einen sehr charakteristischen, rothbraunen Niederschlag von arsensaurem Silberoxyd ($3\,AgO, AsO_5$), welcher in verdünnter Salpetersäure und in Ammon leicht löslich ist und auch von salpetersaurem Ammon etwas gelöst wird. Löst man daher ein wenig des Niederschlages in sehr viel Salpetersäure, so entsteht oft beim Neutralisiren mit Ammon der Niederschlag nicht wieder. Die ammoniakalische Lösung des arsensauren Silberoxyds scheidet beim Kochen kein metallisches Silber ab (Unterschied der Arsensäure von der arsenigen Säure).

6. *Schwefelsaures Kupferoxyd* bewirkt unter den bei der arsenigen Säure angeführten Umständen einen blaugrünlichen Niederschlag von arsensaurem Kupferoxyd ($2\,CuO, HO, AsO_5$).

7. Erhitzt man eine verdünnte, mit etwas Salzsäure versetzte Arsensäurelösung mit metallischem *Kupfer*, so bleibt das Kupfer vollkommen blank (Werther, Reinsch), setzt man aber zu einem Volumen der Lösung zwei Volumina concentrirte Salzsäure, so überzieht sich das Kupfer, in derselben Art wie bei arseniger Säure, mit einem grauen Ueberzug. Die Reaction ist unter solchen Umständen eben so empfindlich als bei Anwesenheit von arseniger Säure (Reinsch).

8. Zu *Zink* bei Gegenwart von Schwefelsäure, zu *Cyankalium* und vor dem *Löthrohr* verhalten sich die arsensauren Verbindungen wie die der arsenigen Säure. Bewerkstelligt man die Reduction der Arsensäure durch Zink in einem Platinschälchen, so färbt sich das Platin nicht schwarz (Unterschied vom Antimon).

9. Bringt man zu einer klaren Mischung von schwefelsaurer Magnesia, Salmiak und nicht zu wenig Ammon eine Lösung von Arsensäure

oder die eines in Wasser löslichen arsensauren Salzes, so scheidet sich bei concentrirten Lösungen sogleich, bei verdünnten nach längerer Zeit ein krystallinischer Niederschlag von arsensaurer Ammon-Magnesia ($2\,Mg\,O,\,N\,H_4\,O,\,As\,O_5 + 12$ aq.) aus. Löst man ein Pröbchen des Niederschlages auf einem Uhrglase in einem Tropfen Salpetersäure, fügt ein wenig salpetersaures Silberoxyd zu und berührt die Lösung mit einem in Ammon getauchten Glasstabe, so bildet sich braunrothes arsensaures Silberoxyd, — leitet man in die salzsaure Lösung der arsensauren Ammonmagnesia Schwefelwasserstoff unter Erwärmen, so entsteht ein gelber Niederschlag (Unterschiede der arsensauren von der phosphorsauren Ammonmagnesia).

§. 134.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Ich werde im Folgenden zunächst die verschiedenen Wege bezeichnen, welche geeignet sind, Zinn, Antimon und Arsen neben einander zu erkennen oder von einander zu trennen, und sodann die Methoden besprechen, welche eine Unterscheidung der verschiedenen Oxydationsstufen jedes einzelnen Metalls ermöglichen.

1. Hat man ein Gemenge von Schwefelzinn, Schwefelantimon und Schwefelarsen, reibt man 1 Theil desselben mit 1 Theile trocknem kohlensaurem Natron und 1 Theile salpetersaurem Natron zusammen und trägt diese Mischung portionsweise in einen kleinen Porzellantiegel ein, in welchem man bei nicht zu starker Hitze 2 Thle. salpetersaures Natron im Schmelzen erhält, so erfolgt Oxydation der Schwefelmetalle unter schwacher Verpuffung. Die geschmolzene Masse enthält Zinnoxyd, antimonsaures und arsensaures Natron neben schwefelsaurem, kohlensaurem, salpetersaurem und salpetrigsaurem Natron. Die Hitze darf nicht so sehr gesteigert und das Schmelzen nicht so lange fortgesetzt werden, dass aus dem salpetrigsauren Natron Aetznatron entsteht, damit sich kein in Wasser lösliches zinnsaures Natron bildet. Beim Behandeln mit wenig kaltem Wasser bleibt Zinnoxyd und antimonsaures Natron ungelöst, arsensaures Natron und die übrigen Salze lösen sich. — Säuert man das Filtrat mit Salpetersäure an und erwärmt, um Kohlensäure und salpetrige Säure zu entfernen, so kann man die Arsensäure nach §. 133. 5 mit salpetersaurem Silberoxyd oder nach §. 133. 9 mit einer Mischung von schwefelsaurer Magnesia, Salmiak und Ammon entdecken und abscheiden.

Behandelt man den einmal mit kaltem Wasser und dreimal mit schwachem Weingeist ausgewaschenen, aus Zinnoxyd und antimonsaurem Natron bestehenden Rückstand in der Höhlung des Deckels eines Platintiegels mit etwas Salzsäure und erwärmt gelinde, so löst er sich entweder ganz oder es bleibt, wenn viel Zinn vorhanden, ein weisser Niederschlag

ungelöst. — Fügt man, unbekümmert um letzteren, ein Stückchen Zink hinzu, so werden die Metalle abgeschieden und das Antimon gibt sich sogleich durch die Schwarzfärbung des Platins zu erkennen. Nimmt man, nachdem die Wasserstoffentwickelung fast beendigt ist, den Rest des Zinks heraus und erwärmt den Inhalt des Deckels mit etwas Salzsäure, so löst sich das Zinn zu Chlorür, während das Antimon in Form schwarzer Flocken zurückbleibt. Ersteres kann in der Lösung mit Quecksilberchlorid oder einer Mischung von Eisenchlorid und Ferridcyankalium erkannt, letzteres nach dem Lösen in etwas Königswasser mit Schwefelwasserstoff näher geprüft werden. Da dieses Verfahren, Arsen, Zinn und Antimon neben einander zu entdecken, in den Gang der Analyse aufgenommen ist, so habe ich hier nur die Grundlage besprochen und verweise in Betreff der speciellen Ausführung auf den ersten Abschnitt der zweiten Abtheilung, §. 192.

2. Behandelt man die gemengten Schwefelmetalle, nachdem man sie durch Auflegen des sie enthaltenden Filters auf Fliesspapier von dem grössten Theile des anhaftenden Wassers befreit hat, mit rauchender Salzsäure in gelinder Wärme, so löst sich das Schwefelantimon und das Schwefelzinn, während das Schwefelarsen fast vollständig ungelöst bleibt. Behandelt man es mit Antimon und verdampft die Lösung unter Zusatz eines Körnchens von kohlensaurem Natron, so lässt sich aus dem Rückstande mit Cyankalium und Soda im Kohlensäurestrom leicht ein Arsenspiegel erhalten (§. 132. 12). Die das Zinn und Antimon enthaltende Lösung kann man nach 1. behandeln.

Bei grossem Antimonüberschuss kann man letztere auch mit anderthalb-kohlensaurem Ammon im Ueberschuss versetzen und kochen. Es löst sich alsdann ein grosser Theil des Antimons, während wenig Antimonoxyd enthaltendes Zinnoxyd zurückbleibt. In diesem kann nun das Zinn um so leichter nach der in 1. angegebenen Methode nachgewiesen werden (Bloxam).

3. Digerirt man die gemengten Schwefelmetalle mit etwas festem gewöhnlichem anderthalbfach kohlensaurem Ammon und Wasser in gelinder Wärme, so löst sich das Schwefelarsen, während Schwefelantimon und Schwefelzinn zurückbleiben. Aber auch diese Trennung ist nicht ganz vollständig; es geht leicht eine Spur Schwefelantimon in die Lösung über, während etwas Schwefelarsen im Rückstande bleibt. Man muss daher das aus der alkalischen Lösung beim Ansäuern mit Salzsäure niederfallende Schwefelarsen, namentlich wenn es nur einige Flocken sind, nach dem Auswaschen mit Ammon behandeln, die Lösung unter Zusatz eines Körnchens von kohlensaurem Natron verdampfen und den Rückstand mit Cyankalium im Kohlensäurestrom schmelzen, um einen Arsenspiegel zu erhalten, wenn man ganz sicher gehen will. Der in kohlensaurem Ammon unlösliche Rückstand ist nach 2. zu behandeln.

4. Löst man Schwefelantimon, Schwefelzinn und Schwefelarsen in

Schwefelkalium, fügt einen grossen Ueberschuss einer concentrirten Lösung von schwefliger Säure zu, digerirt einige Zeit im Wasserbade, kocht bis alle schweflige Säure verjagt ist und filtrirt, so enthält das Filtrat alles Arsen als arsenige Säure (daraus durch Schwefelwasserstoff fällbar), während Schwefelantimon und Zinnsulfid ungelöst bleiben (Bunsen). Letztere sind alsdann nach 2. zu behandeln.

5. Bei der Analyse von Metalllegirungen erhält man öfters Zinnoxyd, Antimonoxyd und Arsensäure zusammen als in Salpetersäure unlöslichen Rückstand. Man schmelzt diesen am besten mit Natronhydrat im Silbertiegel, weicht mit Wasser auf, fügt (dem Volumen nach) $^1/_3$ Weingeist zu, filtrirt das ungelöst bleibende antimonsaure Natron ab und wäscht es mit schwachem Weingeist aus, dem man einige Tropfen einer Lösung von kohlensaurem Natron zugesetzt hat. Bei Anwesenheit von viel Zinn ist es zweckmässig, den Rückstand nochmals auf gleiche Art zu behandeln, um alles Zinn auszuziehen. — Das Filtrat säuert man mit Salzsäure an und fällt unter Erwärmen Zinn und Arsen als Schwefelmetalle. Erhitzt man diese im Schwefelwasserstoffstrom, so bleibt alles Zinn als Schwefelzinn zurück, während sich das Schwefelarsen verflüchtigt und in Ammon aufgefangen werden kann (H. Rose).

6. Dass man Arsen und Antimon auch durch Behandlung des bei der Marsh'schen Probe erhaltenen Spiegels mit Schwefelwasserstoff und Trennung der erzeugten Schwefelmetalle mit salzsaurem Gas scheiden und neben einander erkennen kann (§. 132. 10) rufe ich hier ins Gedächtniss, — aber auch nach folgenden Methoden lassen sich Antimon und Arsen, wenn sie als Wasserstoffverbindungen gemengt sind, trennen. a. Man leitet die mit überschüssigem Wasserstoff gemengten Gase (nachdem man sie, um Chlorwasserstoff und Schwefelwasserstoff zurückzuhalten, durch eine Röhre geführt hat, die mit verdünnter Bleizuckerlösung benetzte Glassplitter enthält) in langsamem Strome in eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd. Das im Gase enthaltene Antimon fällt fast vollständig als schwarzes Antimonsilber (Ag_3Sb) nieder, während das Arsen unter Silberreduction als arsenige Säure in Lösung übergeht und in dieser durch vorsichtigen Zusatz von Ammon als arsenigsaures Silberoxyd oder — nach Ausfällung des überschüssigen Silbers durch Salzsäure — mittelst Schwefelwasserstoffs nachgewiesen werden kann. Da aber in die Lösung stets auch etwas Antimon übergeht, so darf man einen daraus durch Schwefelwasserstoff erhaltenen Niederschlag nie ohne weitere Prüfung als Schwefelarsen betrachten. Die Prüfung erfolgt nach §. 132. 12. — In dem niedergefallenen, oft mit viel Silber gemengten Antimonsilber entdeckt man das Antimon am leichtesten, wenn man den durch Auskochen mit Wasser von arseniger Säure vollständig befreiten Niederschlag mit Weinsteinsäure und Wasser zum Sieden erhitzt. Es löst sich dann nur das Antimon, und in der mit Salzsäure angesäuerten Lösung lässt es sich durch Schwefelwasserstoff leicht entdecken (A. W. Hofmann). — b. Man

leitet die mit überschüssigem Wasserstoff gemengten Gase durch eine, kleine Stücke Kalihydrat in mindestens 3 bis 4 Zoll langer Schicht enthaltende, etwas weite Glasröhre. Das Kalihydrat zersetzt das Antimonwasserstoffgas und überzieht sich in Folge dessen mit einer metallglänzenden Schicht, das Arsenwasserstoffgas dagegen wird nicht zersetzt und kann somit in dem aus dem Kalihydratrohre austretenden antimonfreien Gase leicht durch die Bildung von Flecken oder Ringen (§. 132. 10) oder durch seine Wirkung auf gelöstes salpetersaures Silberoxyd nachgewiesen werden (Dragendorff).

7. Zinnoxydul und Zinnoxyd lassen sich in der Art neben einander erkennen, dass man eine Probe der beide enthaltenden Lösung mit Quecksilberchlorid, Goldchlorid oder einer Mischung von Ferrideyankalium und Eisenchlorid auf Oxydul, eine andere aber durch Eingiessen der nur wenig freie Säure enthaltenden Lösung in eine concentrirte heisse Lösung von schwefelsaurem Natron auf Oxyd prüft.

8. Antimonoxyd lässt sich neben Antimonsäure durch die §. 131. 9 angeführte Reaction, — Antimonsäure neben Antimonoxyd durch Behandeln des von anderen Substanzen freien Oxyds mit Salzsäure und Jodkalium (§. 131. 2 u. 3) entdecken.

9. Arsenige Säure und Arsensäure lassen sich in Lösungen durch salpetersaures Silberoxyd von einander unterscheiden. Enthält der Niederschlag wenig arsensaures und viel arsenigsaures Silberoxyd, so lässt sich ersteres nur dann erkennen, wenn man vorsichtig höchst verdünnte Salpetersäure tropfenweise hinzufügt, durch welche zunächst das gelbe arsenigsaure Silberoxyd gelöst wird. — Besser noch findet man kleine Mengen von Arsensäure neben arseniger Säure mittelst einer Mischung von schwefelsaurer Magnesia, Salmiak und Ammon (§. 133. 9), durch welches Mittel auch eine wirkliche Scheidung beider bewerkstelligt wird. — Arsenige Säure gibt sich neben Arsensäure schon dadurch zu erkennen, dass in der angesäuerten Lösung durch Schwefelwasserstoff ohne Erwärmen sogleich Fällung eintritt, was bei Arsensäure nicht der Fall ist; — leicht lässt sie sich auch an der durch arsenige Säure zu bewirkenden Reduction des Kupferoxyds in alkalischer Lösung entdecken, sowie daran, dass sich bei Anwesenheit von arseniger Säure aus der ammoniakalischen Lösung der Silbersalze beim Kochen metallisches Silber ausscheidet. — Soll die Schwefelungsstufe eines Schwefelarsens in einem Sulfosalze ermittelt werden, so kocht man die alkalische Lösung desselben mit Wismuthoxydhydrat, filtrirt von dem Schwefelwismuth ab und prüft, ob das Filtrat arsenige oder Arsensäure enthält. Dreifach- und Fünffach-Schwefelarsen werden unterschieden, indem man zunächst etwa beigemengten Schwefel mit Schwefelkohlenstoff vollständig auszieht, dann den Rückstand in Ammon löst, sofort salpetersaures Silberoxyd im Ueberschuss zufügt, das Schwefelsilber abfiltrirt und beobachtet, ob bei Zusatz von Salpetersäure arsenigsaures oder arsensaures Silberoxyd entsteht.

Besondere Reactionen der seltener vorkommenden Oxyde der sechsten Gruppe.

§. 135.

a. **Iridiumoxyd** (IrO_2). Das Iridium kommt in Verbindung mit Platin und anderen Metallen in den Platinerzen, ferner namentlich als Osmiumiridium vor. Es wird in neuerer Zeit, legirt mit Platin, zu Tiegeln etc. verwendet. Dem Platin ähnliches, aber sprödes Metall, äusserst schwer schmelzbar. Compact oder durch Wasserstoff in der Glühhitze reducirt, löst es sich in keiner Säure, auch nicht in Königswasser (Unterschied von Gold und Platin); auf nassem Wege, etwa durch Ameisensäure, reducirt, oder legirt mit viel Platin löst es sich in Königswasser zu Chlorid ($IrCl_2$). Schmelzendes *saures schwefelsaures Kali* oxydirt, aber löst nicht (Unterschied von Rhodium). Mit *Natronhydrat* bei Luftzutritt, oder mit salpetersaurem Natron geschmolzen, oxydirt es sich. Die entstandene Verbindung des Iridiumsesquioxyds (Ir_2O_3) mit Natron löst sich theilweise in Wasser; erwärmt man sie mit Königswasser, so löst sie sich mit tief schwarzrother Farbe zu Iridiumchlorid ($IrCl_2$) und Chlornatrium.

Behandelt man mit Chlornatrium gemischtes gepulvertes Iridium bei beginnender Rothgluth mit *Chlorgas*, so bildet sich Natrium-Iridiumchlorid, welches sich in Wasser mit tief rothbrauner Farbe löst. *Kali*, im Ueberschuss zugesetzt, verwandelt die dunkle Farbe der Lösung in eine grünliche, gleichzeitig schlägt sich etwas braunschwarzes Kalium-Iridiumchlorid nieder. Erhitzt man die Lösung und setzt sie längere Zeit der Luft aus, so färbt sie sich anfangs röthlich, später lasurblau (charakteristischer Unterschied von Platin), verdampft man zur Trockne und behandelt mit Wasser, so bleibt ein blauer Niederschlag von Iridiumoxyd (IrO_2) ungelöst, die Flüssigkeit ist farblos. — *Schwefelwasserstoff* entfärbt zuerst die Auflösungen des Chlorids, es bildet sich unter Schwefelabscheidung Chlorür, später schlägt sich braunes Schwefeliridium nieder. *Schwefelammonium* fällt denselben Niederschlag, er löst sich im Ueberschuss des Fällungsmittels leicht. *Chlorkalium* fällt Kaliumiridiumchlorid als braunschwarzes, in einer concentrirten Lösung von Chlorkalium nicht lösliches Pulver. *Chlorammonium* fällt aus concentrirteren Lösungen Ammonium-Iridiumchlorid in Gestalt eines schwarzrothen, aus mikroskopischen Octaëderchen bestehenden, in concentrirter Salmiaklösung nicht löslichen Pulvers. Ammonium- wie Kaliumiridiumchlorid färbt sich, namentlich in heisser Lösung, bei Zusatz *salpetrigsauren Kalis* olivengrün, indem Ammonium- oder Kalium-Iridiumsesquichlorid entsteht [$2\,(KCl, IrCl_2) + KO, NO_3 = 3\,KCl, Ir_2Cl_3 + NO_4$]; beim Erkalten krystallisirt dasselbe heraus. Beim Erhitzen oder Abdampfen mit einem Ueberschuss von salpetrigsaurem Kali färbt sich die grüne Lösung gelb und lässt dann beim Kochen eine weisse, in Wasser und Salzsäure kaum lösliche Verbindung fallen (wesentlicher Unterschied und Grundlage einer Trennungsmethode von Platin) (Gibbs). — Löst man Iridiumsalmiak durch Sieden mit Wasser und fügt *Oxalsäure* zu, so tritt Reduction des Iridiumchlorids zu Sesquichlorid ein, weshalb die Lösung beim Erkalten klar bleibt (Unterschied von Platin) (C. Lea). Kocht man Iridiumchloridlösung mit *Zinnchlorür*, fügt Kali im Ueberschuss zu und erhitzt, so entsteht ein lederfarbiger Niederschlag. *Eisenvitriol* entfärbt, aber fällt nicht, *Zink* scheidet schwarzes Iridium ab. — Suspendirt man Iridiumoxyd in einer Lösung von *schwefligsaurem* Kali, sättigt mit *schwefliger Säure* und kocht unter Erneuerung des verdampfen-

den Wassers, bis alle freie schweflige Säure ausgetrieben ist, so geht alles Iridium in unlösliches schwefligsaures Iridiumoxyd über (während beigemengtes Platinoxyd als schwefligsaures Platinoxydul-Kali in der Lösung bleibt) (C. Birnbaum). — Mit *Soda* geglüht liefern Iridiumverbindungen in der oberen Oxydationsflamme Metall, welches — zerrieben — grau, nicht glänzend, nicht ductil ist.

b. **Oxyde des Molybdäns.** Das Molybdän kommt nicht verbreitet und nur in mässiger Menge in der Natur vor, namentlich als Schwefelmolybdän und als molybdänsaures Bleioxyd (Gelbbleierz). Seit der Einführung des molybdänsauren Ammons als Entdeckungs- und Bestimmungsmittel der Phosphorsäure hat das Molybdän für die praktische Chemie grössere Wichtigkeit erlangt. Das Molybdän ist zinnweiss, hart, beim Erhitzen an der Luft oxydirbar, in Salpetersäure löslich, sehr schwer schmelzbar, das Molybdänoxydul (MoO) und das Sesquioxyd (Mo_2O_3) sind schwarz, das Oxyd (MoO_2) ist dunkelbraun. Alle gehen an der Luft erhitzt oder mit Salpetersäure behandelt in Molybdänsäure (MoO_3) über. — Diese stellt eine weisse, poröse Masse dar, welche sich in Wasser zu feinen Schüppchen zertheilt, auch in geringem Grade löst; sie schmilzt in Rothglühhitze, verflüchtigt sich in geschlossenen Gefässen erst bei sehr hoher Temperatur, an der Luft schon in Rothgluth und sublimirt zu durchsichtigen Blättchen und Nadeln. Beim Glühen im Wasserstoffstrom erhält man erst MoO_2, endlich bei starkem und andauerndem Glühen Metall. Die ungeglühte Säure löst sich in Säuren. Die Lösungen sind farblos, die salzsaure Lösung färbt sich in Berührung mit Zink bald, bei Zusatz von Zinnchlorür sofort, und zwar je nach gegenseitigem Verhältniss und Concentration braun, grün oder blau, — durch Digestion mit *Kupfer* färbt sich die schwefelsaure Lösung blau, die salzsaure Lösung braun. Die Reaction tritt oft erst nach einiger Zeit ein. *Ferrocyankalium* erzeugt einen rothbraunen, *Gallapfelaufguss* einen grünen Niederschlag. Wenig *Schwefelwasserstoff* färbt die Lösungen blau, mehr fällt braunschwarz; die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit erscheint anfangs grün. Beim Stehen, Erwärmen und wiederholten Einleiten von Schwefelwasserstoff schlägt sich aber endlich, wenn auch schwer, alles Molybdän als braunschwarzes Dreifach-Schwefelmolybdän (MoS_3) nieder. Der Niederschlag löst sich in alkalischen Schwefelmetallen, Säuren schlagen aus den entstandenen Sulfosalzen die Sulfosäure (MoS_3) nieder; Erwärmen begünstigt die Abscheidung. Beim Glühen an der Luft oder durch Erhitzen mit Salpetersäure geht das Schwefelmolybdän in Molybdänsäure über. Versetzt man eine Lösung von Molybdänsäure in überschüssigem Ammoniak mit gelbem Schwefelammonium und erhitzt einige Zeit zum Kochen, so bildet sich, wenn das Schwefelammonium nicht in zu grossem Ueberschuss vorhanden, ausser einem braunschwarzen Niederschlage eine dunkelrothe Lösung von grosser Farbenintensität. Versetzt man eine Molybdänsäure enthaltende Lösung mit Rhodankalium und etwas Salzsäure, so färbt sie sich nicht, fügt man aber etwas Zink hinzu, so tritt Reduction und in Folge dessen Bildung von dem Oxyd oder auch dem Sesquioxyd entsprechenden Molybdän-Rhodaniden ein, die Flüssigkeit färbt sich durch diese carminroth. Phosphorsäurezusatz vernichtet die Reaction nicht (Unterschied von Eisenrhodanid), beim Schütteln der rothen Flüssigkeit mit Aether lösen sich die Rhodanide im Aether und es bildet sich daher eine rothe Aetherschicht (C. D. Braun.)

Die Molybdänsäure wird von den Lösungen *reiner* und *kohlensaurer Alkalien* leicht aufgenommen; aus den concentrirten Lösungen fällt *Salpetersäure* oder *Salzsäure* Molybdänsäure, welche sich bei grösserem Säurezusatz wieder löst. Die Lösungen der molybdänsauren Alkalien werden durch

Schwefelwasserstoff gelb gefärbt und geben dann auf Zusatz von Säuren einen braunschwarzen Niederschlag. — Das Verhalten der Molybdänsäure zu *Phosphorsäure* und Ammon siehe §. 142. 10.

Erhitzt man Molybdänsäure auf der Kohle in der *Oxydationsflamme*, so verflüchtigt sie sich. Die Kohle beschlägt sich mit einem gelben, oft krystallinischen, beim Erkalten weissen Pulver. In der *Reductionsflamme* entsteht metallisches Molybdän, welches beim Abschlämmen der Kohle als graues Pulver erhalten wird. Schwefelmolybdän liefert in der Oxydationsflamme schweflige Säure und die Kohle beschlagende Molybdänsäure.

c. **Oxyde des Wolframs.** Das Wolfram (Scheel, Tungsteinmetall) kommt nicht verbreitet und nur in sehr mässiger Menge in der Natur vor. Die häufigsten Wolframmineralien sind der Tungstein (wolframsaurer Kalk) und der Wolfram (wolframsaures Eisen- und Manganoxydul). Das Wolfram, durch Reduction der Wolframsäure mittelst Wasserstoffs in starker Glühhitze dargestellt, ist ein eisengraues Pulver, sehr schwer schmelzbar. Das pulverförmige geht, an der Luft geglüht, in Wolframsäure (WO_3), — im Strome luftfreien, trocknen Chlorgases geglüht, in sublimirendes, schwarzviolettes Chlorid (WCl_3) und die flüchtigere rothe Verbindung (WCl_2, WCl_3) über, welche durch Wasser in die entsprechenden Oxydhydrate und Salzsäure zerlegt werden. — Säuren, selbst Königswasser, lösen das Wolfram nicht oder kaum, ebensowenig wird es von Kalilauge, wohl aber von mit unterchlorigsaurem Alkali versetzter aufgenommen. Das Wolframoxyd ist schwarz, geht, bei Luftzutritt stark geglüht, in Wolframsäure über. Die Wolframsäure ist citronengelb, feuerbeständig, unlöslich in Wasser und Säuren. Beim Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali und Behandeln der Schmelze mit Wasser erhält man anfangs eine saure, keine Wolframsäure enthaltende Lösung. Nach deren Entfernung löst sich der aus wolframsaurem Kali mit stark vorwaltender Wolframsäure bestehende Rückstand, und zwar dann vollständig, wenn man dem Wasser kohlensaures Ammon zusetzt (Unterschied und Trennungsmittel von Kieselsäure). Beim Schmelzen mit kohlensauren Alkalien entstehen leicht, beim Kochen mit deren Lösungen schwer, in Wasser lösliche wolframsaure Alkalien. *Salzsäure*, *Salpetersäure* und *Schwefelsäure* fällen deren Lösung weiss, die Niederschläge werden beim Kochen gelb und sind im Ueberschuss der Säuren unlöslich (Unterschied von Molybdänsäure), in Ammon aber löslich. Verdampft man mit überschüssiger Salzsäure zur Trockne und behandelt den Rückstand mit Wasser, so bleibt die Wolframsäure zurück. *Chlorbaryum*, *Chlorcalcium*, *essigsaures Bleioxyd*, *salpetersaures Silberoxyd*, *salpetersaures Quecksilberoxydul* fällen weiss, *Ferrocyankalium* färbt bei Zusatz von etwas Säure tief braunroth, nach einiger Zeit entsteht ein gleichgefärbter Niederschlag, *Galläpfeltinctur* fällt bei Zusatz von etwas Säure braun, *Schwefelwasserstoff* fällt die sauren Lösungen kaum irgend, *Schwefelammonium* fällt die Lösung der wolframsauren Alkalien nicht, beim Ansäuern schlägt sich hellbraunes Schwefelwolfram (WS_3) nieder, welches in reinem Wasser etwas, in Salze enthaltendem nicht löslich ist. *Zinnchlorür* bewirkt einen gelben Niederschlag, säuert man mit Salzsäure an und erhitzt, so wird derselbe schön blau (sehr empfindliche und charakteristische Reaction). Versetzt man die Lösung der wolframsauren Alkalien mit Salzsäure, besser noch mit überschüssiger Phosphorsäure, und fügt *Zink* zu, so erhält man schön blaue Färbung. — *Phosphorsalz* löst Wolframsäure. Die Perle, der Oxydationsflamme ausgesetzt, erscheint klar, farblos bis gelblich, in der Reductionsflamme nimmt sie rein blaue und bei Eisenvitriolzusatz blutrothe Farbe an. Mit

sehr wenig *Soda* im Kohlengrübchen der inneren Flamme ausgesetzt, erhält man abschlämmbares Wolframpulver. — Die im Wasser unlöslichen wolframsauren Salze können meist durch Digestion mit Säuren zersetzt werden. Das Mineral Wolfram, welches von Säuren schwer angegriffen wird, schmelzt man mit kohlensaurem Alkali. Wasser nimmt dann aus der Schmelze wolframsaures Alkali auf.

d. **Oxyde des Tellurs.** Das Tellur kommt gediegen, mit anderen Metallen legirt und als tellurige Säure in kleiner Menge und geringer Verbreitung vor. Weisses, sprödes, leicht schmelzbares Metall, in einer Glasröhre sublimirbar, an der Luft erhitzt mit grünlichblauer Flamme verbrennend unter Verbreitung dicker weisser Dämpfe von telluriger Säure. Das Tellur löst sich nicht in Salzsäure, leicht in Salpetersäure zu telluriger Säure (TeO_2). In kalter concentrirter Schwefelsäure löst sich gepulvertes Tellur mit Purpurfarbe, bei Wasserzusatz fällt es wieder nieder. Die tellurige Säure ist weiss, in gelinder Glühhitze zur gelben Flüssigkeit schmelzbar, an der Luft in starker Glühhitze flüchtig, bildet kein krystallinisches Sublimat. Die wasserfreie Säure löst sich leicht in Salzsäure, wenig in Salpetersäure, leicht in Kalilauge, langsam in Ammon, fast nicht in Wasser. Das Hydrat der tellurigen Säure ist weiss, in kaltem Wasser merklich löslich, in Salzsäure und Salpetersäure löslich. Aus den Lösungen fällt bei Wasserzusatz weisses Hydrat nieder; aus der salpetersauren Lösung scheidet sich nach einiger Zeit schon so fast alle tellurige Säure krystallinisch aus. *Reine* und *kohlensaure Alkalien* fällen aus der salzsauren Lösung weisses Hydrat, im Ueberschuss der Fällungsmittel löslich, — *Schwefelwasserstoff* fällt saure Lösungen braun (Farbe ähnlich der des Zinnsulfürs), der Niederschlag (TeS_2) löst sich in Schwefelammonium sehr leicht. *Schwefligsaures Natron*, *Zinnchlorür*, *Zink* fällen schwarzes metallisches Tellur. — Tellursäure (TeO_3) bildet sich beim Schmelzen des Tellurs oder tellurigsaurer Verbindungen mit salpetersauren und kohlensauren Alkalien. Die Schmelze ist in Wasser löslich, sie bleibt beim Ansäuern mit Salzsäure in der Kälte klar, beim Kochen aber entwickelt sich Chlor, es entsteht tellurige Säure, und die Lösung wird daher jetzt, wenn der Säureüberschuss nicht zu gross ist, durch Wasser gefällt.

Schmelzt man Tellur, Schwefeltellur oder eine Sauerstoffverbindung des Tellurs mit *Cyankalium* im Wasserstoffstrom, so bildet sich Tellurcyankalium. Die Schmelze löst sich in Wasser, ein Luftstrom aber fällt daraus alles Tellur (Unterschied und Mittel der Trennung von Selen). — Nach Bunsen auf trocknem Wege geprüft (S. 30) zeigen Tellurverbindungen im oberen Reductionsraum fahl blaue *Flammenfärbung*, während der darüber befindliche Oxydationsraum grün erscheint. Die Verflüchtigung ist von keinem Geruch begleitet. — Der *Reductionsbeschlag* ist schwarz, mit schwarzbraunem Anflug, mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt carminrothe Lösung gebend. Der *Oxydationsbeschlag* ist weiss, wenig sichtbar, Zinnchlorür färbt ihn durch ausgeschiedenes Tellur schwarz. Im *Kohlenstäbchen* mit *Soda* erhitzt, liefern Tellurverbindungen Tellurnatrium, das auf blankem Silber befeuchtet einen schwarzen Fleck erzeugt und, wenn die Probe viel Tellur enthielt, mit Salzsäure unter Ausscheidung von Tellur Geruch nach Tellurwasserstoff verbreitet.

e. **Oxyde des Selens.** Das Selen kommt in Form von Selenmetallen sparsam in der Natur vor. Man findet es zuweilen im Flugstaub von Kies-Röstöfen, auch im Nordhäuser Vitriolöl. Dem Tellur einerseits, dem Schwefel anderer-

seits nahe stehendes Element. Geschmolzen grauschwarz, bei höherer Temperatur flüchtig, sublimirbar, an der Luft erhitzt unter Verbreitung eines charakteristischen Geruches nach faulen Rettigen zu seleniger Säure (SeO_2) verbrennend. Concentrirte Schwefelsäure löst das Selen ohne es zu oxydiren, beim Verdünnen fällt es in rothen Flocken nieder. Salpetersäure und Königswasser lösen Selen zu seleniger Säure. Diese geht bei etwa 200° C. in ein tief gelbes Gas über, stellt sublimirt weisse vierseitige Nadeln, als Hydrat dem Salpeter ähnliche Krystalle dar. Beide lösen sich leicht in Wasser zu einer stark sauren Flüssigkeit. — Von den neutralen Salzen sind nur die der Alkalien in Wasser löslich, die Lösungen reagiren alkalisch; alle selenigsauren Salze lösen sich in Salpetersäure leicht, nur das Blei- und Silbersalz schwierig. — In der Lösung der selenigen Säure oder ihrer Salze erzeugt *Schwefelwasserstoff* (bei Gegenwart freier Salzsäure) einen in der Kälte gelben, beim Erwärmen rothgelben, in Schwefelammonium löslichen Niederschlag von Schwefelselen (?), — *Chlorbaryum* (wenn vorhandene freie Säure abgestumpft wird) einen weissen, in Salz- oder Salpetersäure löslichen Niederschlag von selenigsaurem Baryt, — *Zinnchlorür* oder *schweflige* Säure bei Zusatz von Salzsäure einen rothen, in der Wärme grauen Niederschlag von Selen. *Metallisches Kupfer* beschlägt sich in einer heissen salzsauren, etwas selenige Säure enthaltenden Flüssigkeit sogleich schwarz; bleibt die Flüssigkeit einige Zeit über dem Kupfer stehen, so färbt sie sich hellroth von ausgeschiedenem Selen (Reinsch). — Selensäure entsteht beim Erhitzen von Selen oder von Selenverbindungen mit kohlensauren und salpetersauren Alkalien. Die Schmelze löst sich im Wasser, die Lösung bleibt mit Salzsäure angesäuert klar, damit eingekocht entwickelt sie Chlor, während die Selensäure in selenige Säure übergeht. — Schmelzt man Selen oder Selenverbindungen mit *Cyankalium* im Wasserstoffstrom, so bildet sich Seleneyankalium, aus dem sich das Selen nicht (wie das Tellur) durch Lufteinwirkung, wohl aber nach Zusatz von Salzsäure bei längerem Kochen abscheidet. Nach S. 30 geprüft liefern Selenverbindungen rein kornblumenblaue *Flammenfärbung*, bei der *Verflüchtigung* und Verbrennung der Dämpfe entwickelt sich der oben erwähnte faulige Selengeruch, der *Reductionsbeschlag* ist ziegelroth bis kirschroth, gibt mit concentrirter Schwefelsäure eine schmutzig grüne Lösung. Der *Oxydbeschlag* ist weiss und wird mit Zinnchlorür betupft roth von ausgeschiedenem Selen. Im *Soda-Kohlenstäbchen* bildet sich Selennatrium, welches, auf Silber befeuchtet, schwarzes Selensilber und mit Säuren Selenwasserstoff liefert.

B. Verhalten der Säuren und ihrer Radicale.

§. 136.

Die Reagentien, welche zur Ausmittelung der Säuren dienen, zerfallen wie die, welche wir zur Auffindung der Basen benutzen, in allgemeine oder auf die Gruppe hindeutende, und in specielle, das heisst solche, welche die einzelnen Säuren erkennen lassen. Die Bestimmung und Abgrenzung der Gruppen lässt sich bei den Säuren kaum mit der Schärfe vornehmen, mit welcher dies bei den Basen möglich war.

Die zwei Hauptabtheilungen, in welche die Säuren zerfallen, sind die der anorganischen und die der organischen Säuren. Die Charakterisirung dieser Abtheilungen nehmen wir hier in der Art vor, welche für analytische Zwecke die geeignetste ist, und ohne Rücksichtnahme auf theoretische Betrachtungsweisen. Wir gründen nämlich die Unterscheidung auf das Verhalten in höherer Temperatur und rechnen alle diejenigen Säuren zu den organischen, deren Salze (insbesondere die mit alkalischer und alkalisch erdiger Basis) beim Glühen unter Kohleabscheidung zersetzt werden. Es hat dieses Merkmal den Vorzug, dass es leicht in die Augen fällt und durch einen höchst einfachen vorläufigen Versuch sogleich über die Hauptabtheilung, in welche die Säure zu rechnen ist, Gewissheit gibt. — Die Salze der organischen Säuren mit alkalischer und alkalisch erdiger Basis gehen bei gelindem Glühen in kohlensaure Verbindungen über.

Wie es bei den Basen geschehen ist, so soll auch hier eine Totalübersicht aller in das Buch aufgenommenen Säuren der Betrachtung der einzelnen vorangehen.

I. Anorganische Säuren.

Erste Gruppe:

Abtheilung a. Chromsäure, (schweflige und unterschweflige Säure, Jodsäure).

Abtheilung b. Schwefelsäure, (Kieselfluorwasserstoffsäure).

Abtheilung c. Phosphorsäure, Borsäure, Oxalsäure, Fluorwasserstoffsäure, (phosphorige Säure).

Abtheilung d. Kohlensäure, Kieselsäure.

Zweite Gruppe:

Chlor und Chlorwasserstoffsäure, Brom und Bromwasserstoffsäure, Jod und Jodwasserstoffsäure, Cyan und Cyanwasserstoffsäure nebst Ferro- und Ferridcyanwasserstoffsäure, Schwefel und Schwefelwasserstoffsäure, (salpetrige, unterchlorige, chlorige, unterphosphorige Säure).

Dritte Gruppe:

Salpetersäure, Chlorsäure, (Ueberchlorsäure).

II. Organische Säuren.

Erste Gruppe:

Oxalsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, (Traubensäure).

Zweite Gruppe:

Bernsteinsäure, Benzoësäure.

Dritte Gruppe:

Essigsäure, Ameisensäure, (Milchsäure, Propionsäure, Buttersäure).

Den gesperrt gedruckten Säuren begegnet man bei Untersuchung von Mineralien, von Gewässern, Pflanzenaschen, Industrieproducten, Arzneimitteln etc. häufiger, den eingeklammerten, nicht gesperrt gedruckten dagegen seltener.

I. Anorganische Säuren.

§. 137.

Erste Gruppe.

Säuren, welche durch Chlorbaryum aus neutralen Lösungen gefällt werden.

Wir bringen diese Gruppe der Uebersichtlichkeit wegen in vier Abtheilungen und unterscheiden:

a. Säuren, welche durch Schwefelwasserstoff in saurer Auflösung zerlegt werden, auf die man deswegen schon bei der Prüfung auf Basen hingewiesen wird, nämlich Chromsäure, (schweflige und unterschweflige Säure, letztere, weil sie schon bei Zusatz von Salzsäure zur Lösung eines ihrer Salze zersetzt und erkannt wird, sowie Jodsäure *).

b. Säuren, welche durch Schwefelwasserstoff in saurer Auflösung nicht zersetzt werden, und deren Barytverbindungen in Salzsäure unlöslich sind: Schwefelsäure, (Kieselfluorwasserstoffsäure).

c. Säuren, welche von Schwefelwasserstoff in saurer Lösung nicht zerlegt werden und deren Barytverbindungen in Salzsäure scheinbar ohne Zersetzung löslich sind, insofern die Säuren aus der salzsauren Lösung durch Erhitzen oder Eindampfen nicht vollständig abgeschieden werden können: Phosphorsäure, Borsäure, Oxalsäure, Fluorwasserstoffsäure, (phosphorige Säure). (Die Oxalsäure wird, wenngleich sie auch bei den organischen Säuren eingereiht werden soll, hier angeführt, weil das Verhalten ihrer Salze, beim Glühen ohne eigentliche Verkohlung zerlegt zu werden, sie leicht als organische Säure übersehen lässt.)

d. Säuren, welche von Schwefelwasserstoff in saurer Lösung nicht zerlegt werden, und deren Barytsalze in Chlorwasserstoffsäure unter Abscheidung der Säure löslich sind: Kohlensäure, Kieselsäure.

---

*) In der ersten Abtheilung der ersten Gruppe der Säuren würden auch alle Sauerstoffverbindungen von ausgesprochen saurem Charakter aufzuführen sein, welche in der sechsten Gruppe der Metalloxyde bereits abgehandelt worden sind (Arsensäure, Antimonsäure, selenige Säure etc.). Da aber ihr Verhalten zu Schwefelwasserstoff eher eine Verwechselung derselben mit anderen Metalloxyden als mit anderen Säuren veranlasst, so schien es zweckmässiger, diese gewissermaassen auf der Grenze zwischen Basen und Säuren stehenden Verbindungen bei den Metalloxyden zu besprechen.

Erste Abtheilung

der ersten Gruppe der anorganischen Säuren.

§. 138.

Chromsäure (CrO_3).

1. Die Chromsäure stellt eine scharlachrothe, krystallinische Masse oder deutliche, nadelförmige Krystalle dar. Beim Glühen zerfällt sie in Chromoxyd und Sauerstoff. An der Luft zerfliesst sie schnell, in Wasser löst sie sich mit dunkelrothgelber, selbst bei sehr bedeutender Verdünnung sichtbarer Farbe.

2. Die chromsauren Salze sind alle roth oder gelb, grösstentheils in Wasser unlöslich. Sie werden zum Theil beim Glühen zersetzt. Die mit alkalischen Basen sind in Wasser löslich, im neutralen Zustande feuerbeständig; die Lösungen der neutralen chromsauren Alkalien sind gelb, die der sauren rothgelb. Die Färbungen sind bis zu grosser Verdünnung sichtbar. Die gelbe Farbe der Lösung eines neutralen Salzes geht bei Zusatz einer Säure in Folge der Bildung sauren Salzes in eine rothgelbe über.

3. *Schwefelwasserstoff* auf die angesäuerte Lösung eines chromsauren Salzes wirkend, veranlasst zunächst eine bräunliche, dann eine durch das entstandene Chromoxydsalz bedingte grüne Färbung der Lösung, unter gleichzeitiger Ausscheidung von Schwefel, wodurch die Flüssigkeit ein milchiges Ansehen erhält ($KO, 2CrO_3 + 4HO, SO_3 + 3HS = KO, SO_3 + Cr_2O_3, 3SO_3 + 7HO + 3S$). Erwärmen begünstigt die Einwirkung, ein Theil des Schwefels geht alsdann in Schwefelsäure über.

4. *Schwefelammonium*, einer Lösung von saurem chromsaurem Alkali im Ueberschuss zugesetzt, bewirkt sofort einen bräunlich-grau-grünen Niederschlag von hydratischem chromsaurem Chromoxyd, beim Kochen scheidet sich alles Chrom als grünes Chromoxydhydrat aus. In einer Lösung von neutralem chromsaurem Kali entsteht anfangs nur eine dunkelbräunliche Färbung, bald aber scheidet sich der bräunlich-graugrüne, beim Kochen grün werdende Niederschlag aus.

5. Die Chromsäure kann auch durch Anwendung vieler anderer Mittel zu Oxyd reducirt werden, namentlich durch *schweflige Säure*, durch Erhitzen mit concentrirter *Chlorwasserstoffsäure*, oder auch mit verdünnterer bei Zusatz von Alkohol (wobei Chloräthyl und Aldehyd entweichen), durch metallisches *Zink*, durch Erhitzen mit *Weinsteinsäure*, *Kleesäure* u. s. w. Alle diese Reactionen sind durch den Uebergang der rothen oder gelben Farbe der Lösung in die grüne, beziehungsweise violette des Oxydsalzes sehr deutlich charakterisirt.

6. *Chlorbaryum* erzeugt in der wässerigen Lösung chromsaurer Salze einen gelblichweissen, in verdünnter Salzsäure und Salpetersäure löslichen Niederschlag von chromsaurem Baryt (BaO, CrO_3).

7. *Salpetersaures Silberoxyd* bringt in der wässerigen Lösung chromsaurer Salze einen dunkelpurpurrothen, in Salpetersäure und in Ammon löslichen Niederschlag von chromsaurem Silberoxyd (AgO, CrO_3), oder in schwach sauren Lösungen von zweifach-chromsaurem Silberoxyd (AgO, $2\,CrO_3$) hervor.

8. *Essigsaures Bleioxyd* fällt aus der wässerigen oder essigsauren Lösung eines chromsauren Salzes chromsaures Bleioxyd (PbO, CrO_3), als gelben, in Kali löslichen, in verdünnter Salpetersäure schwer löslichen, in Essigsäure unlöslichen Niederschlag. Beim Erwärmen mit Alkalien geht das gelbe neutrale Salz in basisches rothes ($2\,PbO, CrO_3$) über.

9. Ueberschichtet man eine ganz verdünnte saure Lösung von *Wasserstoffhyperoxyd**) (etwa 6 bis 8 CC.) mit etwas Aether (etwa einer $^1/_2$ Centimeter hohen Schicht) und fügt eine Chromsäure enthaltende Flüssigkeit hinzu, so färbt sich zunächst die Wasserstoffhyperoxydlösung schön blau. Kehrt man das mit dem Daumen verschlossene Röhrchen einigemal um, ohne stark zu schütteln, so verliert die Lösung die blaue Farbe, der Aether dagegen wird blau. Letztere Erscheinung ist besonders charakteristisch. 1 Thl. chromsaures Kali in 40000 Thln. Wasser liefert noch eine erkennbare Reaction (Storer), anwesende Vanadinsäure beeinträchtigt die Empfindlichkeit wesentlich (Werther, Journ. f. prakt. Chem. 83. 195). Die Blaufärbung ist aller Wahrscheinlichkeit nach durch eine Verbindung von Chromsäure mit Wasserstoffhyperoxyd bedingt. Nach einiger Zeit tritt Reduction der Chromsäure zu Oxyd und somit Entfärbung des Aethers ein.

10. Werden unlösliche chromsaure Salze mit *kohlensaurem* und *salpetersaurem Natron* geschmolzen und die Masse mit Wasser behandelt, so erhält man eine von dem darin gelösten chromsauren Alkali gelb gefärbte Lösung, welche bei Zusatz einer Säure rothgelb wird. Die Oxyde bleiben rein oder als kohlensaure Salze zurück, sofern sie nicht in dem aus dem salpetersauren Natron entstehenden Aetznatron löslich sind.

11. Beim Behandeln mit *Phosphorsalz* oder *Borax* in der Löthrohrflamme verhalten sich die Verbindungen der Chromsäure wie die des Chromoxyds.

12. Sehr geringe Mengen Chromsäure lassen sich in wässerigen Lösungen auch nach einer der folgenden Methoden entdecken. Man fügt zu der mit Schwefelsäure schwach angesäuerten Flüssigkeit ein wenig Guajaktinctur (1 Thl. des Harzes auf 100 Thle. Weingeist von 60 Proc.);

---

*) Die Wasserstoffhyperoxydlösung erhält man leicht, indem man ein Stückchen Baryumhyperoxyd von der Grösse einer Erbse mit etwas Wasser zerreibt und die Masse unter Umrühren in eine Mischung von etwa 30 CC. Salzsäure und 120 CC. Wasser einträgt. Die Lösung hält sich lange Zeit, ohne Zersetzung zu erleiden. In Ermangelung von Baryumhyperoxyd verwendet man das unreine Natriumhyperoxyd, wie man es erhält, wenn man ein Stückchen Natrium in einem Porzellanschälchen erhitzt, bis es sich entzündet und es dann ruhig verbrennen lässt.

bei Anwesenheit von Chromsäure entsteht intensive Bläuung, welche jedoch, wenn die Chromsäuremenge sehr gering ist, nach einigen Secunden wieder verschwindet (H. Schiff). — Oder man fügt zu der möglichst neutralen Lösung eines chromsauren Alkalis etwas einer verdünnten wässerigen Blauholz-Abkochung, wodurch eine höchst intensive Schwarzfärbung eintritt; bei überaus geringen Mengen färbt sich die Flüssigkeit nur violettroth (R. Wildenstein).

Da die Chromsäure durch Schwefelwasserstoff zu Chromoxyd reducirt wird, so findet man sie im Gange der Analyse stets schon bei der Prüfung auf Basen. Die intensive Farbe der Chromsäure enthaltenden Lösungen, die vortreffliche Reaction mit Wasserstoffhyperoxyd, wie die charakteristischen Niederschläge, welche Blei- und Silbersalzlösungen bewirken, lassen sie ausserdem leicht erkennen. Zur Entdeckung der geringen Chromspuren, wie sich solche in manchen Mineralien, z. B. dem Serpentin, finden, dienen — nach dem Schmelzen derselben mit kohlensaurem und salpetersaurem Alkali — die in 12. genannten Reactionen.

Seltener vorkommende Säuren der ersten Abtheilung.

§. 139.

a. **Schweflige Säure** (SO_2). Die schweflige Säure ist ein farbloses, erstickend (nach brennendem Schwefel) riechendes, nicht brennbares Gas. Es löst sich in Wasser in reichlicher Menge. Die Lösung hat den Geruch des Gases, röthet Lackmus, bleicht Fernambukpapier. An der Luft nimmt sie Sauerstoff auf und geht in verdünnte Schwefelsäure über. Die Salze sind farblos. Von den neutralen sind nur die mit alkalischer Basis in Wasser leicht löslich, von den schwer- oder unlöslichen lösen sich manche in schwefligsaurem Wasser, daraus beim Kochen niederfallend. — Alle Salze entwickeln, mit *Schwefelsäure* übergossen, schweflige Säure, *Chlorwasser* löst die meisten zu schwefelsauren Salzen. *Chlorbaryum* fällt die neutralen Salze, nicht die freie Säure. Der Niederschlag löst sich in Salzsäure. *Schwefelwasserstoff* zersetzt die freie Säure, es bildet sich Wasser, Pentathionsäure und freier Schwefel, welcher sich ausscheidet. — Bringt man in eine schweflige Säure enthaltende Lösung nach Zusatz eines gleichen Volums Salzsäure ein Stückchen blanken Kupferdraht und erhitzt zum Kochen, so erscheint letzterer bei grösseren Mengen schwefliger Säure schwarz, wie berusst, bei geringen nur matt und glanzlos (H. Reinsch). Entwickelt man Wasserstoffgas aus schwefelfreiem *Zink* oder aus *Aluminium* und *Salzsäure* und bringt eine Spur schweflige Säure oder schwefligsaures Salz in die Entbindungsflasche, so entwickelt sich sofort mit dem Wasserstoffgas Schwefelwasserstoff, daher färbt und fällt das Gas eine mit Natronlauge bis zur Wiederlösung des Niederschlages versetzte Bleizuckerlösung schwarz. — Die schweflige Säure ist ein kräftiges Reductionsmittel, sie reducirt Chromsäure, Uebermangansäure, Quecksilberchlorid (zu Chlorür), entfärbt Jodamylum, fällt eine Mischung von Ferridcyankalium und Eisenchlorid blau u. s. w. — Mit einer salzsauren Lösung von *Zinnchlorür* entsteht nach einiger Zeit ein gelber Niederschlag von

Zinnsulfid. — Versetzt man eine wässerige Lösung von schwefligsaurem Alkali mit Essigsäure bis eben sauer und giesst sie zu einer mit sehr wenig *Nitroprussidnatrium* vermischten, relativ reichlichen Menge von *Zinkvitriollösung*, so tritt, wenn die Menge des schwefligsauren Salzes nicht allzu gering war, schon eine rothe Färbung ein, war dagegen die Menge sehr gering, so entsteht noch keine Färbung, solche tritt aber sogleich ein, wenn etwas Ferrocyankaliumlösung zugefügt wird. Bei nicht gar zu geringen Mengen entsteht durch den Zusatz des Ferrocyankaliums ein purpurrother Niederschlag (Bödeker). (Unterschwefligsaure Alkalien zeigen diese Reaction nicht.)

b. **Unterschweflige Säure** (S_2O_2). Dieselbe existirt im freien Zustande nicht. Die Salze sind grösstentheils in Wasser löslich. Die Lösungen der meisten lassen sich ohne Zerlegung kochen, unterschwefligsaurer Kalk zerfällt dabei in schwefligsauren und Schwefel. Setzt man *Schwefelsäure* oder *Salzsäure* zur Lösung eines unterschwefligsauren Salzes, so bleibt anfangs die Flüssigkeit klar und geruchlos, bald aber — um so schneller, je concentrirter — wird sie durch sich ausscheidenden Schwefel mehr und mehr trübe, während gleichzeitig der Geruch der schwefligen Säure hervortritt. Erwärmen begünstigt diese Zersetzung. — *Salpetersaures Silberoxyd* erzeugt einen weissen, im Ueberschuss des unterschwefligsauren Salzes löslichen Niederschlag von unterschwefligsaurem Silberoxyd, nach kurzer Zeit aber — fast sogleich beim Erhitzen — wird derselbe schwarz, indem der Niederschlag in Schwefelsilber und Schwefelsäure zerfällt. — Unterschwefligsaures Natron löst Chlorsilber. Die Lösung bleibt beim Zusatz einer Säure anfangs klar, später — sogleich beim Kochen — scheidet sich Schwefelsilber aus. — *Chlorbaryum* erzeugt einen weissen, in viel Wasser, namentlich heissem, löslichen, durch Salzsäure zersetzbaren Niederschlag. — *Eisenchlorid* färbt die Lösungen unterschwefligsaurer Alkalien roth-violett (Unterschied von schwefligsauren Alkalien), beim Stehen, rascher beim Erwärmen, tritt — unter Reduction des Eisenchlorids zu Chlorür — Entfärbung ein. — Angesäuerte *Chromsäurelösung* wird durch unterschwefligsaure Salze sofort reducirt, *Jodamylumlösung* sogleich entfärbt. — Zu Zink oder Aluminium und Salzsäure verhalten sich unterschwefligsaure Salze wie schwefligsaure.

Gilt es, schwefligsaure und unterschwefligsaure Alkalien neben Schwefelalkalimetall zu finden, wie dies oft der Fall, so fügt man der Lösung zunächst Zinkvitriollösung zu, bis das Schwefelmetall zersetzt ist, filtrirt das Schwefelzink ab und prüft einen Theil des Filtrats durch Zusatz von Salzsäure auf unterschweflige Säure, einen anderen mit Nitroprussidnatrium etc. auf schweflige Säure.

c. **Jodsäure** (JO_5). Weisse, sechsseitige Tafeln, zerfällt bei mässiger Hitze in Joddampf und Sauerstoff, in Wasser leicht löslich. Die Salze werden beim Glühen zersetzt und zerfallen entweder in Sauerstoff und Jodmetall, oder in Jod, Sauerstoff und Metalloxyd, nur die mit alkalischer Basis lösen sich leicht in Wasser. *Chlorbaryum* fällt aus der Lösung der jodsauren Alkalien weissen, in Salpetersäure löslichen jodsauren Baryt, *salpetersaures Silberoxyd* weisses, körnig-krystallinisches jodsaures Silberoxyd, welches sich in Ammon leicht, in Salpetersäure wenig löst, *Schwefelwasserstoff* fällt aus der Lösung der Jodsäure — unter gleichzeitiger Abscheidung von Schwefel — Jod, welches sich dann in Jodwasserstoffsäure löst; bei Ueberschuss von Schwe-

felwasserstoff entfärbt sich die Flüssigkeit unter weiterer Schwefelabscheidung, indem das Jod in Jodwasserstoff übergeht. — Auch die an Basen gebundene Jodsäure wird durch Schwefelwasserstoff zersetzt. — *Schweflige Säure* fällt Jod, welches bei Ueberschuss der schwefligen Säure in Jodwasserstoff übergeht.

Zweite Abtheilung
der ersten Gruppe der anorganischen Säuren.

§. 140.

Schwefelsäure (SO_3).

1. Die wasserfreie Schwefelsäure ist eine weisse, federartig krystallinische, an der Luft stark rauchende Masse; die concentrirte Schwefelsäure (Schwefelsäurehydrat, welches etwas mehr Wasser enthält, als der Formel HO, SO_3 entspricht) eine wasserhelle, ölartige Flüssigkeit. Beide verkohlen organische Substanzen. Mit Wasser vereinigen sie sich unter bedeutender Temperaturerhöhung — die wasserfreie Säure mit Zischen — in allen Verhältnissen.

2. Die neutralen schwefelsauren Salze sind, mit Ausnahme des schwefelsauren Baryts, Strontians, Kalks und Bleioxyds, in Wasser leicht löslich. Die in Wasser unlöslichen basisch schwefelsauren Salze der Oxyde schwerer Metalle lösen sich alle in Salzsäure oder Salpetersäure. Die schwefelsauren Salze sind meist farblos oder weiss. Die schwefelsauren Alkalien werden beim Glühen nicht zerlegt, die übrigen schwefelsauren Salze verhalten sich in der Glühhitze verschieden; manche werden gar nicht, andere schwierig, einige leicht zerlegt.

3. *Chlorbaryum* erzeugt in den Lösungen der Schwefelsäure und der schwefelsauren Salze bis zu ausserordentlicher Verdünnung einen feinpulvrigen, schweren, weissen, in verdünnter Salzsäure und Salpetersäure unlöslichen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt (BaO, SO_3). Aus sehr verdünnten Flüssigkeiten schlägt er sich erst bei längerem Stehen nieder. Concentrirte Säuren und concentrirte Lösungen vieler Salze beeinträchtigen die Empfindlichkeit der Reaction.

4. *Essigsaures Bleioxyd* fällt schwefelsaures Bleioxyd (PbO, SO_3) als schweren, weissen, in verdünnter Salpetersäure schwer löslichen, in heisser concentrirter Salzsäure vollständig löslichen Niederschlag.

5. Die in Wasser und Säuren unlöslichen Verbindungen der Schwefelsäure mit alkalischen Erden werden beim Schmelzen mit *kohlensauren Alkalien* in kohlensaure Salze, schwefelsaures Bleioxyd hingegen wird in reines Oxyd verwandelt, während gleichzeitig schwefelsaures Alkali entsteht. — Auch beim Digeriren, beziehungsweise Kochen mit concentrirten Lösungen kohlensaurer Alkalien zerlegen sich die schwefelsauren alkalischen Erden und das schwefelsaure Bleioxyd in unlösliche kohlensaure Salze und lösliches schwefelsaures Alkali (vergl. §. 95, 96, 97).

6. Schmelzt man schwefelsaure Salze mit Soda auf Kohle in der inneren Löthrohrflamme oder erhitzt man sie im Soda-Kohlenstäbchen

(S. 31) in der unteren Reductionsflamme, so wird die Schwefelsäure reducirt und Schwefelnatrium gebildet, welches an dem Geruche nach Schwefelwasserstoff erkannt werden kann, wenn man die Probe sammt dem Theil der Kohle, in welchen die geschmolzene Masse eingedrungen ist, befeuchtet und etwas Säure zusetzt. Nimmt man dieses Befeuchten auf einem blanken Silberbleche (einer gescheuerten Münze) vor, so entsteht sogleich ein schwarzer Fleck von Schwefelsilber (der aber nur bei Abwesenheit von Tellur- und Selenverbindungen entscheidend ist).

Bemerkungen. Die Schwefelsäure ist durch die charakteristische und äusserst empfindliche Reaction mit Barytsalzen fast von allen Säuren am leichtesten zu erkennen. Man hat sich nur zu hüten, dass man nicht Niederschläge von Chlorbaryum, besonders aber von salpetersaurem Baryt, welche entstehen, wenn wässerige Lösungen dieser Salze mit Flüssigkeiten, die viel freie Salzsäure oder Salpetersäure enthalten, vermischt werden, für schwefelsauren Baryt hält. Diese Niederschläge verschwinden sogleich beim Verdünnen der sauren Flüssigkeit mit Wasser und sind daher von schwefelsaurem Baryt überaus leicht zu unterscheiden. — Man gewöhne sich überhaupt daran, bei Prüfung auf Schwefelsäure mit Chlorbaryum die Flüssigkeit genügend zu verdünnen; auch füge man etwas Salzsäure, welche dem nachtheiligen Einfluss mancher Salze, z. B. der citronensauren Alkalien, entgegenwirkt, zu und lasse, wenn sehr kleine Schwefelsäuremengen entdeckt werden sollen, die Flüssigkeit mehrere Stunden in gelinder Wärme stehen. Man findet alsdann die Spur des entstandenen schwefelsauren Baryts auf dem Boden des Glases abgesetzt. Ist man über die Natur des durch Chlorbaryum bei Gegenwart freier Salzsäure entstandenen Niederschlages irgend in Zweifel, so gibt die Prüfung desselben nach 6. sogleich Gewissheit. Sollen in Flüssigkeiten, welche viel freie Salzsäure oder Salpetersäure enthalten, mit Chlorbaryum sehr kleine Mengen von Schwefelsäure entdeckt werden, so entferne man zuerst den grössten Theil der freien Säure durch Abdampfen oder durch Neutralisation mit einem Alkali. — Freie Schwefelsäure entdeckt man neben gebundener, indem man die zu prüfende Flüssigkeit mit ganz wenig Rohrzucker versetzt und in einem Porzellanschälchen bei 100° C. eintrocknet. War freie Schwefelsäure zugegen, so bleibt ein schwarzer oder bei höchst geringen Mengen schwarzgrüner Rückstand. Andere freie Säuren zersetzen den Rohrzucker nicht in dieser Weise.

§. 141.

Kieselfluorwasserstoffsäure ($HFl, SiFl_2$). Stark saure Flüssigkeit, beim Abdampfen in Platin sich ganz — als Fluorkiesel und Fluorwasserstoff — verflüchtigend, beim Abdampfen in Glas dies ätzend, mit Basen Wasser und Kieselfluormetalle bildend, welche grossentheils in Wasser löslich sind, Lackmus röthen und beim Glühen in Fluormetalle und Fluorkiesel zerfallen. Die Kieselfluorwasserstoffsäure wird durch *Chlorbaryum* krystallinisch (§. 95. 6), durch

Chlorstrontium und essigsaures Bleioxyd nicht gefällt. *Kalisalze* fällen durchscheinend gelatinöses Kieselfluorkalium, *Ammon* im Ueberschuss fällt Kieselsäurehydrat unter Bildung von Fluorammonium. Erwärmt man Kieselfluormetalle mit concentrirter Schwefelsäure, so entweicht Fluorwasserstoff- und Kieselfluorgas, an der Luft starke Nebel bildend; nimmt man den Versuch in einem mit Glas bedeckten Platingefäss vor, so wird das Glas geätzt (§. 146. 5), der Rückstand enthält die entsprechenden schwefelsauren Salze.

Dritte Abtheilung
der ersten Gruppe der anorganischen Säuren.

§. 142.

a. Phosphorsäure (PO_5).

1. Der Phosphor ist ein farbloser, fettglänzender, durchscheinender fester Körper, von 1,84 specif. Gewicht. Er wirkt innerlich genommen sehr giftig, schmilzt bei 44,3° C. und siedet bei 290° C. Durch Einwirkung des Lichtes wird der unter Wasser aufbewahrte Phosphor erst gelb, dann roth, endlich überzieht er sich mit einer weissen Rinde. — Kommt Phosphor bei gewöhnlicher Temperatur mit der Luft in Berührung, so verbreitet er einen ganz charakteristischen, höchst unangenehmen Geruch, unter Bildung starker, im Dunkeln leuchtender Nebel. — Diese entstehen durch Oxydation von Phosphordampf und bestehen aus Phosphorsäure und phosphoriger Säure. Ist die Luft feucht, so entsteht gleichzeitig Ozon, Wasserstoffhyperoxyd und salpetrigsaures Ammon. — Der Phosphor entzündet sich sehr leicht und verbrennt mit leuchtender Flamme zu Phosphorsäure, welche sich grösstentheils als weisser Rauch in die Luft verbreitet. — Durch längeren Einfluss des Lichtes oder beim Erwärmen auf 250° C. geht der Phosphor in rothen, sogenannten amorphen Phosphor über. In diesem Zustande verändert er sich nicht an der Luft, leuchtet nicht, ist weit schwerer entzündlich und hat 2,1 specif. Gewicht. — Salpetersäure und Königswasser lösen den Phosphor beim Erwärmen ziemlich leicht auf. Die Lösungen enthalten anfangs neben Phosphorsäure auch phosphorige Säure. Salzsäure löst den Phosphor nicht. Kocht man ihn mit Kali- oder Natronlauge oder mit Kalkmilch, so entstehen unterphosphorigsaure und phosphorsaure Salze, während selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas entweicht. Bringt man eine unoxydirten Phosphor enthaltende Substanz auf den Boden eines Kolbens, hängt in dessen Bauch einen mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd befeuchteten Papierstreifen mittelst eines lose eingesetzten Korkes und erwärmt auf 30 bis 40°, so färbt sich der Papierstreifen in Folge der reducirenden Wirkung der Phosphordämpfe schwarz, auch wenn die Phosphormenge höchst gering ist. Kocht man nach beendigter Reaction den geschwärzten Theil des Papiers mit Wasser aus, fällt den unzersetzten Theil des Silbersalzes mit Salzsäure, filtrirt und verdunstet das Filtrat im Wasserbade möglichst weit, so lässt sich im Rückstande mittelst

der sogleich zu besprechenden Reactionen Phosphorsäure nachweisen (J. Scherer). Man beachte, dass eine Schwärzung des Silbersalzes auch durch Schwefelwasserstoff, Ameisensäure, flüchtige Fäulnissproducte etc. stattfinden kann, sowie dass die Nachweisung der Phosphorsäure im Papierstreifen nur Werth hat, wenn dieser und das Filtrirpapier ganz frei von Phosphorsäure waren. — Das Verhalten des Phosphors beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure, sowie beim Einbringen in einen mit Zink und verdünnter Schwefelsäure beschickten Wasserstoffentbindungsapparat siehe §. 227.

2. Die Phosphorsäure stellt im wasserfreien Zustande eine weisse, dem Schnee ähnliche, an der Luft rasch zerfliessende, mit Wasser zischende und sich darin anfangs theilweise, allmählich ganz lösende Masse dar. Sie bildet mit Wasser und Basen drei Reihen von Verbindungen und zwar folgende: Mit 3 Aequivalenten Wasser oder Basis gewöhnliches Phosphorsäurehydrat oder gewöhnliche phosphorsaure Salze, mit 2 Aeq. Wasser oder Basis Pyrophosphorsäurehydrat oder pyrophosphorsaure Salze, mit 1 Aeq. Wasser oder Basis Metaphosphorsäurehydrat oder metaphosphorsaure Salze. Da in der Natur und bei Analysen nur dreibasisch phosphorsaure Verbindungen vorzukommen pflegen, so besprechen wir diese allein ausführlich und behandeln die zwei- und einbasische Phosphorsäure in einem Anhang in kürzerer Fassung.

3. Das Hydrat der gewöhnlichen Phosphorsäure ($3\,HO, PO_5$) stellt wasserhelle, an der Luft rasch zu einer syrupdicken, nicht ätzenden Lösung zerfliessende Krystalle dar. Beim Erhitzen geht es, je nachdem 1 oder 2 Aeq. Wasser ausgetrieben werden, in Pyro- oder Metaphosphorsäurehydrat über. Beim Erhitzen in einer offenen Platinschale verflüchtigt sich das Phosphorsäurehydrat, wenn es rein ist, zwar schwierig, aber vollständig in weissen Dämpfen.

4. Die dreibasisch phosphorsauren Salze mit fixer Basis werden beim Erhitzen nicht zersetzt, sie werden aber, im Falle sie 1 Aeq. basisches Wasser oder Ammon enthalten, in pyro-, im Falle sie 2 Aeq. enthalten, in metaphosphorsaure Salze verwandelt. — Von den dreibasisch phosphorsauren Salzen sind nur die mit alkalischer Base im neutralen Zustande in Wasser löslich. Die Lösungen reagiren alkalisch. Schmelzt man pyro- oder metaphosphorsaure Salze mit kohlensaurem Natron, so enthält die Masse die Phosphorsäure stets im dreibasischen Zustande.

5. *Chlorbaryum* bewirkt in den wässerigen Lösungen der neutralen oder basischen phosphorsauren Alkalien, nicht aber in der Lösung des Hydrates, einen weissen, in Salzsäure und Salpetersäure löslichen, in Chlorammonium schwer löslichen Niederschlag von phosphorsaurem Baryt ($2\,BaO, HO, PO_5$ oder $3\,BaO, PO_5$)*).

6. *Gypssolution* bringt in neutralen oder alkalischen Lösungen,

*) Ein Niederschlag von ersterer Zusammensetzung entsteht, wenn die Lösung ein phosphorsaures Alkali mit 2 Aeq., ein Niederschlag von letzterer, wenn sie eins mit 3 Aeq. fixer Basis oder Ammon enthält.

nicht aber in der Lösung des Hydrates, einen weissen Niederschlag von phosphorsaurem Kalk ($2\,CaO,\,HO,\,PO_5$ oder $3\,CaO,\,PO_5$) hervor, der von Säuren, selbst von Essigsäure, leicht gelöst wird. Auch Salmiak löst ihn auf.

7. *Schwefelsaure Magnesia* bewirkt in concentrirten Lösungen neutraler phosphorsaurer Alkalien, oft erst nach längerer Zeit, einen weissen Niederschlag von phosphorsaurer Magnesia ($2\,MgO,\,HO,\,PO_5 + 14$ aq.); kocht man, so entsteht sofort ein Niederschlag von basischem Salz ($3\,MgO,\,PO_5 + 5$ aq.). Letzterer bildet sich auch bei Zusatz von schwefelsaurer Magnesia zu der Lösung eines basisch phosphorsauren Alkalis. — Setzt man aber zu der Lösung der freien oder an ein Alkali gebundenen Phosphorsäure *schwefelsaure Magnesia*, welcher man so viel Salmiak zugesetzt hat, dass die Lösung durch Ammon klar bleibt, dann Ammon im Ueberschuss, so bildet sich auch bei sehr bedeutender Verdünnung ein weisser, krystallinischer, leicht zu Boden sinkender Niederschlag von basisch phosphorsaurer Ammon-Magnesia ($2\,MgO,\,NH_4O,\,PO_5 + 12$ aq.), der in Ammon nicht, in Chlorammonium nur höchst wenig löslich ist, von Säuren aber, selbst von Essigsäure, leicht aufgenommen wird. Der Niederschlag wird öfters erst nach einiger Zeit sichtbar, Umrühren begünstigt seine Abscheidung (siehe oben §. 98. 8). Die Reaction ist nur dann entscheidend, wenn Arsensäure nicht zugegen ist (§. 133. 9).

8. *Salpetersaures Silberoxyd* fällt aus den Lösungen der neutralen und basischen phosphorsauren Alkalien phosphorsaures Silberoxyd ($3\,AgO,\,PO_5$) als hellgelben, in Salpetersäure und in Ammon leicht löslichen Niederschlag. War in der Lösung ein basisch phosphorsaures Salz enthalten, so reagirt die Flüssigkeit, in welcher der Niederschlag suspendirt ist, neutral; war ein neutrales Salz aufgelöst, so reagirt sie sauer, weil die Salpetersäure für die 3 Aeq. Silberoxyd, welche sie an die Phosphorsäure abgibt, nur 2 Aeq. Alkali und 1 Aeq. Wasser (welches letztere ihre sauren Eigenschaften nicht aufhebt) erhält.

9. Fügt man zu einer Phosphorsäure enthaltenden Lösung, welche Salz- oder Salpetersäure in möglichst geringem Ueberschuss enthält, essigsaures Natron in ziemlicher Menge, dann einen Tropfen *Eisenchlorid*, so entsteht ein gelblich-weisser, flockig-gelatinöser Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd ($Fe_2O_3,\,PO_5 + 4$ aq.). — Ueberschuss von Eisenchlorid ist zu vermeiden, weil dadurch essigsaures Eisenoxyd (roth von Farbe) entsteht, in welchem der Niederschlag nicht unlöslich ist. — Diese Reaction ist wichtig, um in phosphorsauren alkalischen Erden die Phosphorsäure zu entdecken, aber nur dann entscheidend, wenn Arsensäure nicht zugegen ist, denn diese verhält sich ganz ähnlich. Soll die Phosphorsäure als phosphorsaures Eisenoxyd völlig abgeschieden werden, so fügt man so viel Eisenchlorid zu, dass die Lösung röthlich wird, kocht (wodurch alles Eisenoxyd, theils als phosphorsaures, theils als basisch essigsaures ausgefällt wird) und filtrirt heiss ab. Im Filtrat hat

man nunmehr die alkalischen Erden als Chlormetalle. Soll mit Hülfe dieser Reaction die Phosphorsäure neben viel Eisenoxyd erkannt werden, so kocht man die salzsaure Lösung mit schwefligsaurem Natron bis zur Entfärbung (Reduction des Chlorids zu Chlorür), setzt kohlensaures Natron zu, bis die Flüssigkeit fast neutral ist, sodann essigsaures Natron, endlich 1 Tropfen Eisenchlorid. (Der Grund dieses Verfahrens liegt darin, dass essigsaures Eisenoxydul das phosphorsaure Eisenoxyd nicht löst.)

10. Bringt man in ein Proberöhrchen einige Cubikcentimeter der Auflösung von molybdänsaurem Ammon in Salpetersäure (§. 52) und fügt etwas einer Phosphorsäure in neutraler oder saurer Lösung enthaltenden Flüssigkeit zu, so entsteht, wenn die Menge der Phosphorsäure nur irgend von Belang ist, sofort oder nach ganz kurzer Zeit schon in der Kälte ein feinpulvriger hellgelber Niederschlag, welcher sich bald auf dem Boden und an den Wänden absetzt. Bei ausserordentlich geringen Phosphorsäuremengen, z. B. 0,00002 Grm., muss man der Reaction einige Stunden Zeit gönnen, auch ein wenig, aber nicht über 40° C., erwärmen. Die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit erscheint, wenn sonstige färbende Substanzen nicht zugegen sind, farblos. Nie setze man mehr von der auf Phosphorsäure zu prüfenden Lösung zu als höchstens ein Drittel der angewandten Molybdänlösung, und nie betrachte man eine blosse Gelbfärbung der Flüssigkeit als Reaction auf Phosphorsäure.

Der erwähnte gelbe Niederschlag enthält Molybdänsäure, Ammon, Wasser und ein wenig (3 Procent) Phosphorsäure. Da er nur bei Gegenwart von überschüssiger Molybdänsäure in verdünnten Säuren unlöslich ist, so kann er bei Zusatz von überschüssiger Phosphorsäure gar nicht entstehen, was wohl zu beachten ist. Salzsäure, wenn sie in grösserer Menge zugegen, beeinträchtigt oder verhindert die Reaction, ebenso gewisse organische Substanzen, z. B. Weinsteinsäure. — Der Niederschlag lässt sich — nach dem Absitzen — auch in dunkelgefärbten Flüssigkeiten gut erkennen. — Wäscht man ihn mit der zum Fällen dienenden Molybdänlösung aus, löst ihn in Ammon und fügt eine Mischung von schwefelsaurer Magnesia, Salmiak und Ammon zu, so erhält man phosphorsaure Ammonmagnesia.

Operirt man auf die oben angegebene Weise, so kann die Phosphorsäure nicht wohl mit irgend einer anderen Säure verwechselt werden, denn Arsensäure gibt mit der gedachten Molybdänlösung in der Kälte keinen Niederschlag, wohl aber beim Erwärmen und namentlich beim Kochen (die über demselben stehende Flüssigkeit erscheint gelb), Kieselsäure aber gibt in der Kälte gar keine Reaction, beim Erhitzen eine starke Gelbfärbung, aber keinen Niederschlag.

11. Schmelzt man eine fein zerriebene, Phosphorsäure (oder auch ein Phosphormetall) enthaltende Substanz mit 5 Thln. eines aus 3 Thln. kohlensaurem Natron, 1 Thl. Salpeter und 1 Thl. Kieselsäure bestehenden Flusses im Platinlöffel oder Tiegel zusammen, nachdem man die Substanzen zuvor innig gemischt hat, kocht mit Wasser aus, giesst die Lösung

ab, setzt kohlensaures Ammon zu, koeht wieder und filtrirt hierdureh gefällte Kieselsäure ab, so hat man nunmehr phosphorsaures Alkali in Lösung und kann in derselben die Phosphorsäure nach 7. 8. 9. oder 10. nachweisen.

12. Bringt man eine Phosphorsäure enthaltende Substanz naeh dem Glühen und Zerreiben in ein strohhalmdick ausgezogenes, unten zugeschmolzenes Glasröhrchen, fügt ein zwei Linien langes Stückehen Magnesiumdraht (oder auch ein Stüekehen Natrium) hinzu, das von der Probe bedeekt sein muss, und erhitzt, so entsteht unter lebhafter Feuererseheinung Phosphormagnesium (Phosphornatrium) und der sehwarze Inhalt der zerdrückten Probe verbreitet in Folge dessen beim Benetzen mit Wasser den eharakteristischen Gerueh naeh Phosphorwasserstoff (Winkelbleeh, Bunsen).

13. Eiweiss wird weder dureh die Lösung des dreibasisehen Phosphorsäurehydrates noeh durch die mit Essigsäure versetzte Lösung der dreibasisch phosphorsauren Salze gefällt.

§. 143.

Anhang.

α. Zweibasisehe Phosphorsäure. Die Lösung des Hydrates $2\,HO,\ PO_5$ geht beim Kochen in die des Hydrates $3\,HO,\ PO_5$ über. Die Lösungen der Salze lassen sich erhitzen, ohne Zersetzung zu erleiden, kocht man sie aber mit starken Säuren, so geht die Phosphorsäure in den dreibasischen Zustand über. Schmelzt man die Salze mit überschüssigem kohlensaurem Natron, so erhält man dreibasiseh-phosphorsaures Salz. — Von den neutralen pyrophosphorsauren Salzen sind nur die mit alkalischer Basis in Wasser löslieh; die sauren Salze (z. B. $NaO,\ HO,\ PO_5$) gehen beim Glühen in metaphosphorsaure Salze ($NaO,\ PO_5$) über. — *Chlorbaryum* fällt die freie Säure nicht, aus den Salzlösungen weissen, in Salzsäure löslichen pyrophosphorsauren Baryt ($2\,BaO,\ PO_5$). — *Salpetersaures Silberoxyd* fällt aus der Lösung des Hydrates, namentlich bei Zusatz eines Alkalis, pyrophosphorsaures Silberoxyd ($2\,AgO,\ PO_5$) als weissen, erdigen, in Salpetersäure und Ammon löslichen Niederschlag. — *Schwefelsaure Magnesia* fällt pyrophosphorsaure Magnesia ($2\,MgO,\ PO_5$). Der Niedersehlag löst sich im Ueberschuss des phosphorsauren Salzes wie in dem der sehwefelsauren Magnesia. Ammon fällt ihn nicht aus diesen Lösungen. Beim Kochen derselben scheidet er sich aus (Mittel um Pyrophosphorsäure neben dreibasischer Phosphorsäure nachzuweisen). — Fügt man zu einer nieht zu verdünnten Lösung eines pyrophosphorsauren Alkalis eine concentrirte Lösung von *Chlorluteokobaltiak* (Kobaltihexaminchlorid), so erhält man sofort einen blassröthlichgelben, aus glänzenden Krystallflittern bestehenden Niederschlag. (Unterschied von dreiwie von einbasischer Phosphorsäure, C. D. Braun.) *Eiweiss* wird weder dureh die Lösung des Hydrates noch dureh die der mit Essigsäure versetzten Salze gefällt. — *Molybdänsaures Ammon*, unter Zusatz von Salpetersäure, fällt nicht.

β. Einbasisehe Phosphorsäure. Man kennt bis jetzt fünf Arten einbasiseh phosphorsaurer Salze und hat aneh die denselben entsprechenden Hydrate grösserentheils dargestellt. Die die einzelnen unterscheidenden Reactio-

nen lasse ich hier unerwähnt und bemerke nur, dass sieh die einbasischen Phosphorsäuren von der zwei- und dreibasischen Phosphorsäure dadurch unterscheiden, dass die Lösungen der Hydrate *Eiweiss* geradezu, die Lösungen der Salze aber nach Zusatz von Essigsäure fällen. — Diejenigen Hydrate und Salze, welche durch *salpetersaures Silberoxyd* gefällt werden, erzeugen damit einen weissen Niederschlag. — Durch *schwefelsaure Magnesia*, Chlorammonium und Ammon entsteht entweder kein oder ein in Chlorammonium löslicher Niederschlag. — Alle einbasisch phosphorsauren Salze liefern, mit überschüssigem kohlensaurem Natron geschmolzen, dreibasiseh phosphorsaures Natron.

§. 144.

b. Borsäure (BO_3).

1. Die Borsäure stellt, wasserfrei, ein farbloses, in Rothglühhitze schmelzbares, feuerbeständiges Glas, — als Hydrat (HO, BO_3) eine poröse, weisse Masse, — krystallisirt ($HO, BO_3 + 2$ aq.) schuppenartige Blättchen dar. Sie löst sich in Wasser und Weingeist. Verdampft man die Lösungen, so verflüchtigt sich mit den Wasser- oder Weingeistdämpfen viel Borsäure. Die Lösungen röthen Lackmus, färben Curcumapapier schwaeh — beim Eintrocknen stark — bräunlichroth. Die borsauren Salze werden beim Glühen nicht zersetzt; in Wasser leicht löslich sind nur die mit alkalischer Basis. Die Lösungen der borsauren Alkalien sind farblos und zeigen alle, selbst die der sauren Salze, alkalische Reaction.

2. *Chlorbaryum* gibt in nicht zu verdünnten Lösungen borsaurer Alkalien einen weissen, in Säuren und Ammonsalzen löslichen Niederschlag von borsaurem Baryt, dessen Formel bei Fällung neutraler borsaurer Salze $BaO, BO_3 +$ aq., bei Fällung saurer borsaurer Salze $3\,BaO, 5\,BO_3 + 6$ aq. ist (H. Rose).

3. *Salpetersaures Silberoxyd*, mit concentrirten Lösungen neutraler borsaurer Alkalien vermischt, liefert einen weissen, von freiem Silberoxyd etwas gelblichen Niederschlag ($AgO, BO_3 + HO$), während es aus concentrirten Lösungen saurer borsaurer Alkalien $3\,AgO, 4\,BO_3$ als weissen Niederschlag fällt. — Verdünnte Lösungen borsaurer Alkalien geben mit salpetersaurem Silberoxyd einen braunen Niederschlag von Silberoxyd (H. Rose). Alle diese Niederschläge lösen sich in Salpetersäure und in Ammon.

4. Setzt man zu sehr concentrirten, warm bereiteten Lösungen borsaurer Alkalien verdünnte *Schwefelsäure* oder *Salzsäure*, so scheidet sieh beim Erkalten die Borsäure in glänzenden Krystallblättchen aus.

5. Uebergiesst man freie Borsäure oder borsaure Salze mit *Alkohol* und setzt im letzteren Falle eoncentrirte Schwefelsäure zu, um die Borsäure frei zu maehen, so erscheint die Flamme des angezündeten Alkohols, besonders beim Umrühren, durch die mit dem Alkohol verdampfende in der Flamme glühende Borsäure sehr deutlich gelbgrün gefärbt. Am empfindlichsten wird die Reaction, wenn man das Schälchen, welches die Mischung enthält, erwärmt, den Alkohol anzündet, kurze Zeit brennen

lässt, ausbläst und wieder anzündet. Beim ersten Aufflackern der Flamme erscheinen alsdann ihre Ränder grün, auch wenn die Menge der Borsäure so gering ist, dass sich auf die gewöhnliche Weise keine Färbung der Flamme bemerken lässt. — Es ist concentrirte Schwefelsäure und nicht zu wenig zu nehmen. Da Kupfersalze die Weingeistflamme auch grün färben, so muss etwa vorhandenes Kupfer erst durch Schwefelwasserstoff entfernt werden. Auch durch die Gegenwart von Chlormetallen können Täuschungen eintreten, da das dann entstehende Chloräthyl die Flamme blaugrün säumt.

6. Versetzt man Borsäurelösung oder die Auflösung eines borsauren Salzes mit alkalischer oder alkalisch-erdiger Basis mit Salzsäure, bis sie schwach, aber deutlich sauer reagirt, taucht ein *Curcumapapierstreifchen* halb ein und trocknet es (auf einem Uhrglase) bei 100° C., so erscheint die eingetauchte Hälfte eigenthümlich roth (H. Rose).

Diese Reaction ist sehr empfindlich. Man hüte sich, die charakteristische rothe Färbung nicht mit der schwärzlich-braunen zu verwechseln, welche Curcumapapier annimmt, welches man mit ziemlich concentrirter Salzsäure befeuchtet und dann trocknet, oder mit der bräunlichrothen, welche Eisenchlorid, oder eine salzsaure Lösung von molybdänsaurem Ammon oder von Zirkonerde dem Curcumapapiere schon so, mehr noch beim Trocknen ertheilen. — Befeuchtet man durch Borsäure roth gefärbtes Curcumapapier mit der Lösung eines reinen oder kohlensauren Alkalis, so geht die Farbe in Blauschwarz oder Grünschwarz über; etwas Salzsäure stellt jedoch die bräunlich-rothe Farbe sofort wieder her (A. Vogel, H. Ludwig).

7. Mengt man eine borsäurehaltige Substanz im fein gepulverten Zustande unter Zusatz von einem Tropfen Wasser mit 3 Thln. eines Flusses, der aus $4^1/_2$ Thln. doppelt-schwefelsaurem Kali und 1 Thl. fein gepulvertem, borsäurefreiem Flussspath besteht, und bringt den Teig am Oehr eines Platindrahtes in den äusseren Mantel der Bunsen'schen Gasflamme oder an die Spitze der inneren Löthrohrflamme, so entweicht Fluorbor, welches die Flamme — aber nur einige Augenblicke — grün färbt. Bei leicht zersetzbaren Verbindungen lässt sich die Reaction schon dadurch hervorrufen, dass man die Probe mit Kieselfluorwasserstoffsäure befeuchtet und in die Flamme bringt.

8. Schmelzt man Borsäure oder borsaure Salze am Oehr eines Platindrahtes mit kohlensaurem Natron zusammen, erhitzt die Perle in der Flamme des Spectralapparates, so erkennt man — selbst bei sehr geringen Borsäuremengen — ein aus vier kräftigen, gleich breiten und in gleichen Abständen befindlichen hellen Linien gebildetes Spectrum. B_1 ist gelbgrün, glänzend (fällt mit Baγ zusammen), B_2 ist lichtgrün, glänzend (Coincidenz mit Baβ), B_3 ist schwach blaugrün (fällt fast mit der blauen Baryumlinie zusammen), B_4 ist sehr schwach, blau, Srδ nicht ganz erreichend (Simmler).

§. 145.

c. Oxalsäure ($C_4 O_6 = \overline{O}$).

1. Das Oxalsäurehydrat ($2 HO, C_4 O_6$) ist ein weisses Pulver, die krystallisirte Oxalsäure ($2 HO, C_4 O_6 + 4$ aq.) bildet farblose rhombische Säulen. Beide Verbindungen lösen sich leicht in Wasser und Weingeist. In offenen Gefässen rasch erhitzt, wird das Hydrat zum Theil zersetzt, zum Theil verflüchtigt es sich unzerlegt. Die Dämpfe reizen heftig zum Husten. Erhitzt man das Hydrat in einer Proberöhre, so sublimirt es zum Theil unzersetzt.

2. Die oxalsauren Salze werden sämmtlich beim Glühen zersetzt, indem die Säure in Kohlensäure und Kohlenoxyd zerfällt. Die mit alkalischer Basis, sowie oxalsaurer Baryt, Strontian und Kalk, verwandeln sich dabei (wenn sie rein sind und langsam erhitzt werden, fast ohne Abscheidung von Kohle) in kohlensaure Salze; oxalsaure Magnesia geht schon bei sehr gelindem Glühen in reine Magnesia über; die Salze mit metallischer Basis lassen, je nach der Reducirbarkeit des Metalloxyds, reines Metall oder Oxyd zurück. Von den Salzen der Oxalsäure sind die alkalischen, auch einige mit metallischer Basis, in Wasser löslich.

3. *Chlorbaryum* bewirkt in den neutralen Lösungen oxalsaurer Alkalien einen weissen Niederschlag von oxalsaurem Baryt ($2 BaO, C_4 O_6 + 2$ aq.). Derselbe löst sich ganz wenig in Wasser, leichter in Chlorammonium, Essigsäure oder Oxalsäure enthaltendem Wasser, leicht in Salpetersäure und Salzsäure; Ammon fällt ihn aus letzteren Lösungen unverändert.

4. *Salpetersaures Silberoxyd* bewirkt in den wässerigen Lösungen der Oxalsäure und der oxalsauren Alkalien einen weissen Niederschlag von oxalsaurem Silberoxyd ($2 AgO, C_4 O_6$). Derselbe ist in Wasser nur höchst wenig, in verdünnter Salpetersäure schwer, in concentrirter heisser Salpetersäure sowie in Ammon leicht löslich.

5. *Kalkwasser* und alle löslichen *Kalksalze*, also auch *Gypslösung*, erzeugen in den wässerigen Lösungen der Oxalsäure und der oxalsauren Alkalien, auch wenn dieselben in hohem Grade verdünnt sind, weisse, feinpulvrige Niederschläge von oxalsaurem Kalk ($2 CaO, C_4 O_6 + 2$ aq. und zuweilen $2 CaO, C_4 O_6 + 6$ aq.), die in Wasser so gut wie gar nicht, in Essigsäure und Oxalsäure fast nicht, in Salzsäure und Salpetersäure leicht löslich sind. Ammonsalze verhindern ihre Entstehung in keiner Weise. Zusatz von Ammon begünstigt die Fällung der freien Oxalsäure durch Kalksalze bedeutend. In sehr verdünnten Lösungen entsteht der Niederschlag erst nach einiger Zeit.

6. Wird Oxalsäurehydrat oder ein oxalsaures Salz in trocknem Zustande mit überschüssiger *concentrirter Schwefelsäure* erwärmt, so entzieht diese der Oxalsäure das zu ihrem Bestehen nothwendige Wasser oder Metalloxyd, die Oxalsäure zerfällt in Kohlensäure und Kohlen-

oxyd, welche Gase unter Aufbrausen entweichen ($C_4O_6 = 2CO + 2CO_2$). War der Versuch nicht in zu kleinem Maassstabe angestellt worden, so lässt sich das entweichende Kohlenoxydgas anzünden; es brennt mit blauer Flamme. Färbt sich die Schwefelsäure bei dieser Reaction dunkel, so enthielt die Oxalsäure eine organische Substanz beigemengt.

7. Vermischt man Oxalsäure oder ein oxalsaures Salz mit etwas feingepulvertem *Braunstein* (der frei von kohlensauren Verbindungen sein muss), fügt ein wenig Wasser und ein paar Tropfen Schwefelsäure zu, so entsteht ein lebhaftes Aufbrausen durch entweichende Kohlensäure: [$2MnO_2 + C_4O_6 + 2SO_3 = 2(MnO, SO_3) + 4CO_2$].

8. Kocht man oxalsaure alkalische Erden mit einer concentrirten Lösung von *kohlensaurem Natron* und filtrirt, so hat man im Filtrat die Oxalsäure in Verbindung mit Natron, im Niederschlag die Basis als kohlensaures Salz. Bei oxalsauren Salzen, welche Oxyde schwerer Metalle als Basis enthalten, kann man nicht immer sicher sein bei Anwendung dieses Verfahrens vollständig zum Ziel zu gelangen, da sich manche unter Doppelsalzbildung theilweise in der alkalischen Flüssigkeit lösen, z. B. das oxalsaure Nickeloxydul. Solche Metalle sind daher als Schwefelmetalle abzuscheiden.

§. 146.

d. Fluorwasserstoffsäure (HFl).

1. Die wasserfreie Fluorwasserstoffsäure ist ein farbloses, an der Luft rauchendes, ätzendes Gas, welches von Wasser leicht absorbirt wird. Die wässerige Fluorwasserstoffsäure unterscheidet sich von allen übrigen Säuren durch ihre Fähigkeit, Kieselsäure, sowie die in Salzsäure unlöslichen kieselsauren Salze aufzulösen. Bei der Auflösung entsteht Kieselfluorwasserstoff, während gleichzeitig Wasser gebildet wird ($SiO_2 + 3HFl = SiFl_2, HFl + 2HO$). In ähnlicher Art setzt sich die Fluorwasserstoffsäure mit Metalloxyden um, es entstehen Fluormetalle und Wasser.

2. Von den Fluormetallen sind die, welche ein Alkalimetall enthalten, in Wasser löslich, die Lösungen reagiren alkalisch; die den alkalischen Erden entsprechenden lösen sich nicht oder sehr schwierig in Wasser. Fluoraluminium ist leicht löslich. Von den den Oxyden der schweren Metalle entsprechenden Fluoriden sind die meisten in Wasser sehr schwer löslich, z. B. Kupferfluorid, Fluorblei, Fluorzink; viele andere lösen sich in Wasser ohne Schwierigkeit, als Eisenfluorid, Zinnfluorür, Quecksilberfluorid u. a. m. — Von den in Wasser unlöslichen oder schwer löslichen Verbindungen sind manche in freier Flusssäure löslich, andere nicht. — Beim Glühen im Tiegel erleiden die meisten Fluormetalle keine Zersetzung.

3. *Chlorbarium* fällt die wässerige Lösung der Fluorwasserstoffsäure, weit vollständiger jedoch die der alkalischen Fluormetalle. Der

voluminöse weisse Niederschlag von Fluorbaryum (Ba Fl) löst sich so gut wie nicht in Wasser, wohl aber in grösseren Mengen von Salzsäure oder Salpetersäure, Ammon fällt ihn aus diesen Lösungen — in Folge der lösenden Wirkung der neutralen Ammonsalze — nicht oder nur sehr unvollständig wieder aus.

4. Setzt man der wässerigen Auflösung der Fluorwasserstoffsäure oder eines Fluormetalls *Chlorcalcium* zu, so erhält man Fluorcalcium (Ca Fl) in Gestalt eines gelatinösen Niederschlages, der so durchscheinend ist, dass man von Anfang oft glaubt, die Flüssigkeit sei klar geblieben. Zusatz von Ammon trägt zur vollkommenen Abscheidung des Niederschlages bei. Derselbe ist in Wasser so gut wie nicht, in Chlorwasserstoffsäure und Salpetersäure in der Kälte wenig löslich, beim Kochen mit Salzsäure löst sich mehr. In dieser Lösung bringt Ammon keinen oder nur einen geringen Niederschlag hervor, weil das entstandene Ammonsalz ihn gelöst erhält. In freier Fluorwasserstoffsäure ist das Fluorcalcium kaum löslicher, als in Wasser; in alkalischen Flüssigkeiten ist es unlöslich.

5. Uebergiesst man ein fein zerriebenes Fluormetall, gleichgültig ob es löslich oder unlöslich ist, in einem Platintiegel mit soviel *concentrirter Schwefelsäure*, dass ein dünner Brei entsteht (nicht mit mehr), bedeckt den Tiegel mit einem Uhrglase von hartem Glas, dessen erhabene Seite mit einem Wachsüberzuge versehen ist, in den man mit einer feinen Holzspitze einen Schriftzug eingezeichnet hat, füllt die Höhlung des Uhrglases mit Wasser und stellt den Tiegel auf eine warme Platte, so erscheinen die Zeichnungen nach einer halben oder ganzen Stunde mehr oder weniger geätzt, was man nach Entfernung des Wachses deutlich wahrnimmt. — (Um den Wachsüberzug herzustellen, erhitzt man das Uhrglas vorsichtig, legt ein Stückchen Wachs darauf und streicht das Geschmolzene gleichmässig darauf herum; um ihn zu entfernen, erhitzt man wieder gelinde und wischt mit einem Tuche ab.) War die Menge der durch die Schwefelsäure entbundenen Flusssäure sehr gering, so sieht man oft, wenn das Wachs entfernt ist, die Zeichnung nicht mehr, haucht man jedoch alsdann das Glas an, so werden dadurch, in Folge einer ungleichen Fähigkeit der geätzten und der nicht angegriffenen Stellen das Wasser zu verdichten, die Zeichnungen wieder sichtbar. Da aber solche Hauchbilder auch andere Ursachen der Entstehung haben können, so kann man daraus, dass sie nicht erhalten werden, zwar auf die Abwesenheit, nicht aber mit gleicher Gewissheit aus ihrem Erscheinen auf die Anwesenheit des Fluors schliessen. Jedenfalls darf man sie nur dann gelten lassen, wenn man sie wieder hervorrufen kann, nachdem das Uhrglas gehörig mit Wasser abgespült, abgetrocknet und abgewischt ist*).

*) Die Angaben von J. Nicklès, dass man mit jeder Schwefelsäure, überhaupt mit allen zur Entwickelung des Fluorwasserstoffs geeigneten Säuren, Aetzungen auf Glas erhalte, fand ich bei Anwendung von Uhrgläsern aus böhmischem Glase nicht

Die in 5. angegebene Reaction gelingt nicht, wenn zu viel Kieselsäure vorhanden ist, oder wenn die Substanz durch Schwefelsäure nicht zersetzt wird. In diesen Fällen wendet man, je nach Umständen, eine der beiden folgenden Methoden an.

6. Hat man eine durch Schwefelsäure zerlegbare Fluorverbindung, gemengt mit viel Kieselsäure, so lässt sich darin das Fluor entdecken, wenn man das Gemenge in einem Proberöhrchen mit *concentrirter Schwefelsäure* erwärmt. Es entweicht nämlich in dem Falle Kieselfluorgas, welches an feuchter Luft starke, weisse Nebel bildet. Leitet man das Gas mittelst einer innen befeuchteten Schenkelröhre in Wasser, so wird zunächst die Röhre durch ausgeschiedene Kieselsäure trübe, bei grösseren Mengen scheidet sich auch in dem Wasser Kieselsäurehydrat aus, während die Flüssigkeit durch Kieselfluorwasserstoffsäure sauer wird.— Um kleinere Fluormengen auf diesem Wege nachzuweisen, erhitzt man die Substanz mit concentrirter Schwefelsäure in einem Kolben mit doppelt durchbohrtem, zwei Röhren tragendem Korke. Durch die eine bis auf den Boden reichende Röhre leitet man einen langsamen Strom trockner Luft, aus der anderen kurz unter dem Kork endigenden Röhre lässt man dieselbe austreten, und zwar durch ein U-förmiges etwas verdünntes Ammon enthaltendes Rohr, dessen anderes Ende mit einem Aspirator verbunden ist. Das mit der Luft entweichende Kieselfluorgas zersetzt sich mit dem Ammon, namentlich wenn man schliesslich etwas erhitzt, es bildet sich Fluorammonium und Kieselsäurehydrat. Man filtrirt, verdampft in einem Platintiegel zur Trockne und prüft den Rückstand nach 5. — Bei schwerer zersetzbaren Substanzen wendet man statt der Schwefelsäure saures schwefelsaures Kali an und erhitzt, unter Zusatz von etwas Marmor (um eine fortdauernde geringe Gasentwickelung herzustellen), andauernd zum Schmelzen.

7. Sollen durch Schwefelsäure nicht zerlegbare Silicate auf einen Gehalt an Fluor geprüft werden, so ist es nothwendig, sie zuvor aufzuschliessen. Es geschieht dies, indem man sie mit 4 Thln. kohlensaurem Natronkali schmelzt. Man weicht alsdann die Masse mit Wasser auf, filtrirt, engt durch Abdampfen ein, lässt erkalten, bringt in ein Platingefäss, setzt Salzsäure zu bis schwach sauer und lässt stehen, bis die Kohlensäure entwichen ist. Man übersättigt jetzt mit Ammon, erhitzt, filtrirt in eine Flasche, setzt zu der noch heissen Flüssigkeit Chlorcalcium, verschliesst und lässt stehen. Setzt sich nach längerer Zeit ein Niederschlag ab, so sammelt man denselben auf einem Filter, trocknet ihn und prüft ihn nach der in 5. angegebenen Methode (H. Rose).

---

bestätigt; doch ist es vorsichtig, wenn man sich vor Anwendung der Schwefelsäure zunächst davon überzeugt, dass ihre Dämpfe allein das Glas nicht ätzen. Etwaigen Fluorwasserstoffgehalt concentrirter Schwefelsäure beseitigt man leicht, wenn man dieselbe mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt und dann in einer Platinschale bis zur früheren Concentration verdampft.

8. Auch mittelst des *Löthrohres* lassen sich geringe Mengen von Fluormetallen in Mineralien, Schlacken etc. leicht entdecken. Man schiebt zu dem Ende einen kleinen Canal von dünnem Platinblech so in eine Glasröhre, wie es Fig. 43 zeigt, legt in diesen die fein zerriebene Substanz, gemengt mit gepulvertem auf Kohle geschmolzenem Phosphorsalz, und richtet die Löthrohrflamme so, dass die Verbrennungsproducte in die Röhre streichen. Fluormetalle liefern hierbei Fluorwasserstoffgas, an seinem stechenden Geruch, dem (erst nach dem Reinigen und Trocknen zu erkennenden) Mattwerden der Glasröhre, sowie daran kenntlich, dass ein mit der ausströmenden sauren Luft in Berührung kommendes feuchtes Fernambukpapier*) gelb wird (Berzelius, Smithson). — Bei Fluormetalle enthaltenden Silicaten tritt Kieselfluorgas auf, welches ein in die Röhre eingeschobenes feuchtes Fernambukpapier ebenfalls gelb färbt und eine Ablagerung von Kieselsäure in der Röhre veranlasst. Nach dem Auswaschen und Trocknen der Röhre erscheint dieselbe hier und da matt. — Wasserhaltige Mineralien mit geringem Gehalte an Fluormetallen bewirken in der Regel, in einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre ohne Zusatz erhitzt, schon Gelbfärbung eines in die Röhre eingeschobenen feuchten Fernambukpapieres (Berzelius).

Fig. 43.

---

§. 147.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die Barytverbindungen der Säuren der dritten Abtheilung werden von Salzsäure scheinbar ohne Zersetzung gelöst, Alkalien scheiden sie daher, indem sie die Salzsäure neutralisiren, unverändert wieder ab. Ein gleiches Verhalten zeigen die Barytverbindungen der Säuren der ersten Abtheilung der ersten Gruppe, welche daher, wenn sie zugegen sind, entfernt werden müssen, bevor man aus einer solchen Wiederausscheidung eines Barytsalzes einen Schluss auf die Anwesenheit der Phosphorsäure, Borsäure, Oxalsäure oder Flusssäure machen kann. Aber auch abgesehen davon, ist auf diese Reaction nicht einmal zur Erkennung der genannten Säuren, noch weit weniger aber zu ihrer Abscheidung von anderen Säuren, ein grosser Werth zu legen, da die in Rede stehenden Barytsalze, besonders der borsaure Baryt und das Fluorbaryum, aus ihren Lösungen in Salzsäure durch Ammon nicht wieder präcipitirt werden, wenn die Menge der vorhandenen freien Säure irgend bedeutend war, oder wenn überhaupt ein Ammonsalz in einiger Menge zugegen ist. — Die Borsäure

*) Durch Tränken feinen Druckpapiers mit einer Abkochung von Fernambukholz zu bereiten.

ist durch die Färbung, welche sie der Alkoholflamme mittheilt, sowie durch ihre Einwirkung auf Curcumapapier sehr gut charakterisirt. Letztere Reaction eignet sich namentlich auch zur Nachweisung sehr geringer Spuren. Sind Oxyde schwerer Metalle zugegen, so entfernt man diese zweckmässig erst durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium. Soll eine verdünnte Borsäurelösung concentrirt werden, so muss man die Säure zuvor an ein Alkali binden, widrigenfalls sich ein grosser Theil derselben mit den Wasserdämpfen verflüchtigt. Die Beobachtung des Spectrums lässt ebenfalls kleine Borsäuremengen leicht und sicher entdecken. — Die Auffindung der Phosphorsäure in Verbindungen, welche sich in Wasser lösen, ist nicht schwierig, die Reaction mit schwefelsaurer Magnesia etc. bietet hierzu das geeignetste Mittel. Die Entdeckung in Wasser unlöslicher Verbindungen dagegen gelingt mit Magnesialösung nicht. — Zur Erkennung der Phosphorsäure in alkalisch erdigen Salzen und namentlich zur Abscheidung der Phosphorsäure von den alkalischen Erden empfiehlt sich das Eisenchlorid (§. 142. 9.), zur Entdeckung der Phosphorsäure bei Gegenwart von Thonerde und Eisenoxyd aber eignet sich besonders die salpetersaure Lösung des molybdänsauren Ammons. Beide Reactionen erfordern strenges Einhalten der oben gegebenen Vorschriften, was ich hier nochmals hervorheben will. Ist Phosphorsäure in Verbindung mit Metalloxyden der 4., 5. oder 6. Gruppe, so kann man dieselbe ausser nach der §. 142. 11. angegebenen Methode einfach auch dadurch isoliren oder an Ammon binden, dass man die Basen mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium ausfällt.

Die Oxalsäure lässt sich durch Gypslösung stets leicht erkennen, wenn man wässerige Lösungen oxalsaurer Alkalien hat. Der entstehende feinpulvrige, in Essigsäure unlösliche Niederschlag lässt kaum einen Zweifel zu, indem nur die ganz selten vorkommende Traubensäure dieselbe Reaction gibt. In etwaigem Zweifelsfalle lässt sich der oxalsaure Kalk durch blosses gelindes Glühen bei Luftabschluss schon leicht von dem traubensauren unterscheiden, welcher unter beträchtlicher Kohleabscheidung zerlegt wird; auch löst sich dieser in kalter Natron- oder Kalilauge, jener nicht. Ausserdem bietet das Verhalten der oxalsauren Salze zu Schwefelsäure oder zu Braunstein und Schwefelsäure genügende Mittel zur bestätigenden Prüfung. — In unlöslichen Salzen findet man die Oxalsäure am sichersten, wenn man dieselben durch Kochen mit einer Lösung von kohlensaurem Natron, beziehungsweise durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium (§. 145. 8.) zersetzt. — Schliesslich will ich erwähnen, dass es lösliche oxalsaure Salze gibt, welche durch Kalksalze nicht gefällt werden, namentlich das oxalsaure Chromoxyd und das oxalsaure Eisenoxyd. Es beruht dies darauf, dass diese Salze mit oxalsaurem Kalk lösliche Doppelsalze bilden. — Die Flusssäure ist in durch Schwefelsäure zersetzbaren Salzen leicht zu entdecken, nur muss man ins Auge fassen, dass eine zu grosse Menge Schwefelsäure der leichten Entwickelung des Fluorwasserstoffgases entgegenwirkt und somit die Empfindlich-

keit der Reaction schwächt, sowie dass eine deutliche Aetzung in Glas nicht erfolgen kann, wenn sich statt Fluorwasserstoff bloss Fluorkieselgas entwickelt; daher muss bei kieselsäurereichen Verbindungen neben der in §. 146. 5. genannten Reaction stets auch die in 6. angegebene angestellt werden, wenn man sicher gehen will. — In Silicaten, welche durch Schwefelsäure nicht zerlegt werden, wird Fluor häufig deshalb übersehen, weil man unterlässt, sie nach der in 7. angegebenen Methode sorgfältig zu prüfen.

§. 148.

Phosphorige Säure (PO_3). Wasserfrei weisses Pulver, sublimirbar, an der Luft erhitzt, verbrennend, — in Verbindung mit wenig Wasser dickliche Flüssigkeit, bei längerem Stehen krystallisirend, beim Erhitzen zerfallend in Phosphorsäurehydrat und nicht selbst entzündliches Phosphorwasserstoffgas. In Wasser leicht löslich. Von den Salzen sind die mit alkalischer Basis in Wasser leicht, alle anderen schwer löslich, die letzteren lösen sich in verdünnten Säuren. Alle zerfallen beim Glühen, phosphorsaure Salze bleiben zurück, Wasserstoff oder ein Gemenge von Wasserstoff und Phosphorwasserstoff entweicht. — *Salpetersaures Silberoxyd* bewirkt, namentlich bei Zusatz von Ammon und beim Erwärmen, Ausscheidung von metallischem Silber, *salpetersaures Quecksilberoxydul*, unter gleichen Umständen, Ausscheidung von metallischem Quecksilber; aus überschüssigem *Queeksilberchlorid* fällt phosphorige Säure nach einiger Zeit, rascher beim Erwärmen, Quecksilberchlorür, — *Chlorbaryum* und *Chlorcalcium* liefern bei Zusatz von Ammon in nicht zu verdünnten Lösungen weisse, in Essigsäure-lösliche Niederschläge, — eine Mischung von *schwefelsaurer Magnesia*, *Salmiak* und *Ammon* fällt nur etwas concentrirtere Lösungen, — *essigsaures Bleioxyd* fällt weisses, in Essigsäure unlösliches phosphorigsaures Bleioxyd. Mit überschüssiger *schwefliger Säure* zum Sieden erhitzt, bildet sich, unter Abscheidung von Schwefel, Phosphorsäure, — mit *Zink* und *verdünnter Schwefelsäure* zusammengebracht, liefert phosphorige Säure ein Phosphorwasserstoff enthaltendes Wasserstoffgas, welches daher an der Luft raucht, mit smaragdgrüner Flamme brennt und aus einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd Silber und Phosphorsilber fällt.

Vierte Abtheilung

der ersten Gruppe der anorganischen Säuren.

§. 149.

a. Kohlensäure (CO_2).

1. Der Kohlenstoff ist ein fester, geruch- und geschmackloser Körper. Derselbe lässt sich nur in den allerhöchsten Hitzgraden schmelzen und verdampfen (Despretz). Aller Kohlenstoff ist verbrennlich und liefert, bei hinlänglichem Zutritt von Sauerstoff oder von Luft verbrannt, Kohlensäure. Als Diamant erscheint der Kohlenstoff krystallisirt, durchsichtig, wasserhell, äusserst hart, schwer verbrennlich, — als Graphit un-

durchsichtig, grauschwarz, weich, abfärbend, fettig anzufühlen, schwer verbrennlich, — als durch Zersetzung organischer Materien erhaltene Kohle schwarz, undurchsichtig, unkrystallinisch, manchmal dicht, glänzend, schwer verbrennlich, manchmal matt, porös, leicht verbrennlich.

2. Die Kohlensäure ist bei gewöhnlicher Temperatur und bei gewöhnlichem Luftdruck ein farbloses Gas, welches weit schwerer als die Luft ist, so dass es aus einem Gefäss in ein anderes ausgegossen werden kann. Die Kohlensäure hat keinen Geruch, schmeckt säuerlich, röthet feuchtes Lackmuspapier; die Röthung verschwindet aber beim Trocknen wieder. Die Kohlensäure wird von Kalilauge leicht absorbirt; sie löst sich in Wasser in ziemlicher Menge.

3. Das kohlensaure Wasser schmeckt säuerlich, prickelnd, röthet vorübergehend Lackmuspapier, färbt Lackmustinctur weinroth, verliert seine Kohlensäure, wenn es in halbgefüllter Flasche mit Luft geschüttelt wird, vollständiger noch beim Erhitzen. Die kohlensauren Salze verlieren zum Theil beim Glühen ihre Kohlensäure. Alle, deren Oxyde ungefärbt erscheinen, sind weiss oder farblos. In Wasser löslich sind im neutralen Zustande nur die mit alkalischer Basis. Ihre Lösungen reagiren sehr stark alkalisch. Als saure kohlensaure Salze lösen sich ausser denen mit alkalischer auch die mit alkalisch erdiger und mehrere mit metallischer Basis.

4. Die kohlensauren Salze werden von allen freien, in Wasser löslichen *Säuren*, mit Ausnahme der Cyanwasserstoffsäure und Schwefelwasserstoffsäure, zersetzt, und zwar die meisten schon in der Kälte, manche aber erst beim Erhitzen, z. B. Magnesit. Die Kohlensäure entweicht hierbei als farbloses, geruchloses, Lackmus vorübergehend röthendes Gas unter Aufbrausen. Man hat dabei, besonders bei der Zersetzung von Salzen mit alkalischer Basis, einen Ueberschuss der Säure anzuwenden, indem beim Zusatz einer geringen Menge Säure, in Folge der Bildung saurer kohlensaurer Salze, oft kein Aufbrausen entsteht. — Körper, die man auf diese Art auf Kohlensäure prüfen will, erhitze man zuerst mit ein wenig Wasser, damit durch entweichende Luftblasen keine Täuschung stattfinden kann. Ist zu fürchten, das beim Kochen mit Wasser Kohlensäure entweichen könnte, so nimmt man statt des reinen Wassers Kalkwasser. — Will man sich durch einen directen Versuch überzeugen, dass das entweichende Gas Kohlensäure ist, so taucht man ein Glasstäbchen unten in Barytwasser und schiebt es so ins Proberohr, dass sein unterer Theil der Flüssigkeit nahe kommt. War das Gas Kohlensäure, so trübt sich das am Stabe befindliche Barytwasser, denn:

5. *Kalk-* und *Barytwasser* geben, wenn sie mit Kohlensäure oder löslichen kohlensauren Salzen zusammenkommen, weisse Niederschläge von neutralem kohlensaurem Kalk (CaO, CO_2) oder Baryt (BaO, CO_2). Bei Prüfung auf freie Kohlensäure hat man stets einen Ueberschuss der Reagentien anzuwenden, da ja die sauren kohlensauren alkalischen Erden in Wasser löslich sind. Die entstandenen von der Flüssigkeit ge-

trennten Niederschläge lösen sich in Säuren unter Aufbrausen; die Lösungen werden, nach vollständiger Austreibung der Kohlensäure durch Aufkochen, von Ammon nicht gefällt. Da Kalkwasser sehr geringe Mengen von kohlensaurem Kalk löst, so muss man, um äusserst geringe Spuren von Kohlensäure zu entdecken, sich eines Kalkwassers bedienen, welches durch längeres Digeriren mit kohlensaurem Kalk damit gesättigt ist (Welter, Berthollet).

6. *Chlorcalcium* und *Chlorbaryum* bringen mit neutralen kohlensauren Alkalien sogleich, mit doppelt-kohlensauren (wenn verdünnt) erst beim Kochen Niederschläge von kohlensaurem Kalk oder Baryt hervor. Mit freier Kohlensäure entsteht keine Fällung.

§. 150.

b. Kieselsäure (SiO_2).

1. Die Kieselsäure ist farblos oder weiss, auch in der heissesten Löthrohrflamme unveränderlich und unschmelzbar. In der Knallgasflamme schmilzt sie. Sie kommt krystallinisch und amorph vor. Sie ist in Wasser und Säuren (ausgenommen Fluorwasserstoffsäure, welche die amorphe Kieselsäure leicht, die krystallinische schwieriger löst) unlöslich, während das Kieselsäurehydrat darin, aber nur im Momente der Abscheidung, löslich ist. Die amorphe Kieselsäure und das Kieselsäurehydrat lösen sich in heissen wässerigen Lösungen von reinen und kohlensauren fixen Alkalien, die krystallisirte nicht oder kaum. — Wird diese oder werden jene mit reinen oder kohlensauren Alkalien geschmolzen, so erhält man ein in Wasser lösliches basisch kieselsaures Alkali. Von den kieselsauren Salzen sind nur die mit alkalischer Basis in Wasser löslich.

2. Die Lösungen der kieselsauren Alkalien werden von allen *Säuren* zersetzt. Fügt man, selbst zu concentrirteren Lösungen, viel Salzsäure auf einmal, so bleibt die abgeschiedene Kieselsäure gelöst, tröpfelt man dagegen die Salzsäure unter Umrühren allmählich zu, so scheidet sie sich grösstentheils als gallertartiges Hydrat aus. Je verdünnter die Flüssigkeiten sind, um so mehr bleibt gelöst, in sehr verdünnten entsteht kein Niederschlag. — Dampft man aber irgend eine mit Salzsäure oder Salpetersäure im Ueberschuss versetzte Lösung eines kieselsauren Alkalis zur Trockne ab, so scheidet sich in dem Maasse, als die Säure entweicht, Kieselsäure ab und bleibt, wenn der Rückstand mit Salzsäure und Wasser behandelt wird, in freiem Zustande (oder als Hydrat, wenn nur bei 100° C. getrocknet wurde) in Gestalt eines unlöslichen weissen Pulvers zurück. Werden die Lösungen kieselsaurer Alkalien mit Salmiak versetzt, so entstehen (wenn die Lösungen nicht allzuverdünnt sind) Fällungen von (alkalihaltigem) Kieselsäurehydrat. Erwärmen begünstigt die Abscheidung.

3. Die in Wasser nicht löslichen kieselsauren Salze werden zum

Theil durch Salzsäure oder Salpetersäure zersetzt, zum Theil werden sie von denselben selbst beim Kochen nicht angegriffen. Bei der Zersetzung der ersteren scheidet sich in der Regel der grössere Theil der Kieselsäure als gelatinöses, seltener als pulveriges Hydrat aus. Um dieselbe ganz abzuscheiden, verdampft man die salzsaure Lösung sammt dem darin suspendirten Niederschlage von Kieselsäurehydrat zur Trockne, erhitzt ihn unter Umrühren bei einer gleichmässigen, die Siedhitze des Wassers etwas übersteigenden Temperatur, bis keine sauren Dämpfe mehr entweichen, befeuchtet den Rückstand mit Salzsäure, erwärmt mit Wasser und filtrirt die unlöslich bleibende Kieselsäure von der die Basen enthaltenden Flüssigkeit ab. — Von den durch Salzsäure nicht zersetzbaren Silicaten werden manche, z. B. der Kaolin, durch Erhitzen mit einer Mischung von 8 Thln. Schwefelsäurehydrat und 3 Thln. Wasser unter Abscheidung pulverförmiger Kieselsäure vollständig zersetzt, viele andere werden dadurch einigermaassen angegriffen. — Erhitzt man Silicate, welche beim Kochen mit Salzsäure oder Schwefelsäure in offenen Gefässen (bei gewöhnlichem Atmosphärendruck) nicht zerlegt werden, im fein gepulverten Zustande mit den Säuren in zugeschmolzenen starken Glasröhren, im Luft- oder Paraffinbade auf 200 bis 210° C., so werden die meisten vollständig zersetzt.

4. Schmelzt man irgend ein fein zerriebenes Silicat mit 4 Thln. *kohlensauren Natronkalis*, bis keine Kohlensäure mehr entweicht, und kocht die Masse mit Wasser, so löst sich der grösste Theil der Kieselsäure als kieselsaures Alkali auf, während die alkalischen Erden, die reinen Erden (mit Ausnahme der Thonerde und Beryllerde, welche mehr oder weniger vollständig mit in Lösung gehen) und schweren Metalloxyde ungelöst bleiben. — Weicht man die geschmolzene Masse in Wasser auf, setzt, ohne vorher zu filtriren, Salzsäure oder Salpetersäure zu, bis zur stark sauren Reaction, und behandelt die Flüssigkeit nach 3., so bleibt die Kieselsäure ungelöst, während sich die Basen lösen. — Schmelzt man mit 4 Thln. *Barythydrat*, digerirt die Masse mit Wasser unter Zusatz von Salzsäure oder Salpetersäure und behandelt die saure Lösung nach 3., so wird ebenfalls die Kieselsäure abgeschieden. In dem Filtrate können alsdann die Basen, namentlich auch die Alkalien, gefunden werden.

5. Lässt man *Fluorwasserstoffsäure* in concentrirter wässeriger Lösung oder als Gas auf Kieselsäure wirken, so entweicht Kieselfluorgas ($SiO_2 + 2HFl = SiFl_2 + 2HO$), verdünnte Säure löst zu Kieselfluorwasserstoffsäure ($SiO_2 + 3HFl = SiFl_2, HFl + 2HO$). Wirkt Fluorwasserstoff auf kieselsaure Salze, so entstehen Kieselfluormetalle ($CaO, SiO_2 + 3HFl = SiFl_2, CaFl + 3HO$), welche beim Erwärmen mit Schwefelsäurehydrat, unter Entbindung von Fluorwasserstoff und Kieselfluorgas, in schwefelsaure Salze übergehen. — Mengt man ein Silicat mit 3 Thln. Fluorammonium oder mit 5 Thln. Flussspathpulver, rührt mit Schwefelsäurehydrat zum Brei an und erhitzt (am besten im Freien), bis keine Dämpfe mehr entweichen, so verflüchtigt sich alle Kieselsäure

als Kieselfluorgas. Im Rückstande hat man die vorhandenen Basen als schwefelsaure Salze, bei Anwendung von Flussspath gemengt mit schwefelsaurem Kalk.

6. Mengt man 1 Thl. fein gepulverte Kieselsäure oder kieselsaures Salz mit etwa 2 Thln. gepulvertem, kieselsäurefreiem Kryolith oder Flussspath, erhitzt das Gemenge mit 4 bis 6 Thln. concentrirter Schwefelsäure in einem Platintiegel mässig (nicht bis zum Spritzen) und hält einen starken Platindraht nahe über die Oberfläche, an dessen rundem, frisch ausgeglühtem Oehr ein Wassertropfen hängt, so überzieht sich dieser in Folge der Zersetzung des entweichenden Kieselfluors bald mit einem weissen Häutchen von Kieselsäurehydrat (Barfoed).

7. Schmelzt man Kieselsäure oder ein kieselsaures Salz mit *kohlensaurem Natron* am Oehr des Platindrahtes, so entsteht in der schmelzenden Perle ein Aufschäumen durch entweichende Kohlensäure. Die mit reiner Kieselsäure erhaltene Perle ist heiss immer klar, die mit Silicaten erhaltene nur dann, wenn die letzteren reich an Kieselsäure sind (wie z. B. die feldspathartigen Gesteine). Ob die Perle beim Erkalten klar bleibt oder nicht, hängt von dem Verhältniss zwischen Kieselsäure, Natron und sonstigen Basen ab.

8. Schmelzendes *Phosphorsalz* löst die Kieselsäure fast nicht auf. Schmelzt man daher Kieselsäure oder ein kieselsaures Salz, am besten in kleinen Stückchen oder Splittern, mit Phosphorsalz am Platindraht, so scheidet sich, während sich die Basen lösen, die Kieselsäure aus und schwimmt in der klaren Perle als mehr oder weniger durchscheinende Masse von der Gestalt des angewandten Stückchens, als sogenanntes Kieselskelett, herum.

§. 151.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die freie Kohlensäure erkennt man leicht durch ihr Verhalten zu Kalkwasser, die kohlensauren Salze aber daran, dass sie, mit Säuren übergossen, geruchloses Gas entwickeln. Manche Carbonate, z. B. Magnesit, werden erst beim Erhitzen durch Säuren zerlegt. Hat man Verbindungen, aus welchen sich gleichzeitig andere Gase entbinden, so prüft man das Gas mit Kalk- oder Barytwasser. — Die Kieselsäure lässt sich in der Regel schon durch ihr und ihrer Salze Verhalten gegen Phosphorsalz leicht erkennen. Sie unterscheidet sich ausserdem in der Form, in welcher sie bei Analysen stets erhalten wird, von allen anderen Körpern dadurch, dass sie sich in Säuren (mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure) und schmelzendem saurem schwefelsaurem Kali nicht, dagegen in den kochenden Laugen reiner und kohlensaurer Alkalien vollständig löst, und von vielen (namentlich der Titansäure) auch dadurch, dass sie, in einer Platinschale mit Flusssäure (oder Fluorammonium) und Schwefelsäure wiederholt eingedampft, sich vollständig verflüchtigt.

Zweite Gruppe der anorganischen Säuren.

Säuren, welche nicht von Chlorbaryum, wohl aber von salpetersaurem Silberoxyd gefällt werden: Chlorwasserstoffsäure, Bromwasserstoffsäure, Jodwasserstoffsäure, Cyanwasserstoffsäure, Ferro- und Ferridcyanwasserstoffsäure, Schwefelwasserstoffsäure, (salpetrige Säure, unterchlorige Säure, chlorige Säure, unterphosphorige Säure).

Die den genannten Wasserstoffsäuren entsprechenden Silberverbindungen sind sämmtlich in verdünnter Salpetersäure unlöslich. Diese Säuren setzen sich mit Metalloxyden in der Art um, dass Verbindungen der Metalle mit Halogenen, beziehungsweise mit Schwefel, entstehen, während sich gleichzeitig der Sauerstoff des Oxyds mit dem Wasserstoff der Säure zu Wasser vereinigt.

§. 152.

a. Chlorwasserstoffsäure (HCl).

1. Das Chlor ist ein gelbgrünes, Pflanzenfarben (Lackmus, Indigoblau u. s. w.) zerstörendes, schweres Gas von unangenehmem, erstickendem Geruch und höchst nachtheiliger Wirkung auf die Respirationsorgane, nicht brennbar, das Verbrennen nur weniger Körper unterhaltend. Fein zertheiltes Antimon, Zinn u. s. w. entzünden sich darin und verbrennen zu Chloriden. Es löst sich in Wasser in ziemlicher Menge. Das so entstehende Chlorwasser ist schwach gelbgrünlich, riecht stark nach dem Gas, bleicht Pflanzenfarben, zersetzt sich bei Lichteinwirkung (§. 29), verliert seinen Geruch beim Schütteln mit Quecksilber, wobei dieses in ein Gemenge von Chlorür und Metall übergeht. — Kleine Mengen freies Chlor lassen sich in einer Flüssigkeit leicht entdecken, wenn man diese zu einer mit Schwefelcyankalium versetzten reinen Eisenoxydulsalzlösung setzt, welche durch die Einwirkung des freien Chlors sogleich geröthet wird, oder auch — bei Abwesenheit von salpetriger Säure — wenn man sie zu einer verdünnten, mit Stärkemehlkleister vermischten Jodkaliumlösung fügt (siehe §. 154. 9.).

2. Der Chlorwasserstoff ist bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdrucke ein farbloses, an der Luft dicke Nebel bildendes, erstickendes, heftig reizendes, in Wasser überaus leicht lösliches Gas. — Die concentrirte wässerige Lösung (die rauchende Salzsäure) verliert beim Erhitzen einen grossen Theil ihres Gases.

3. Die neutralen Chlormetalle sind, mit Ausnahme des Chlorbleies, Chlorsilbers und Quecksilberchlorürs, in Wasser leicht löslich; die meisten sind weiss oder farblos. Viele verflüchtigen sich in der Hitze ohne Zersetzung, andere werden beim Glühen zerlegt, manche sind in mässiger Glühhitze feuerbeständig.

4. Freie Salzsäure und Lösungen von Chlormetallen geben mit

salpetersaurem Silberoxyd auch bei sehr grosser Verdünnung weisse, am Licht erst violett, dann schwarz werdende, in verdünnter Salpetersäure nicht, in Ammon wie auch in Cyankalium mit Leichtigkeit lösliche, beim Erhitzen ohne Zersetzung schmelzende Niederschläge von Chlorsilber (Ag Cl). Vergl. §. 115. 7.

5. *Salpetersaures Quecksilberoxydul* und *essigsaures Bleioxyd* bewirken in Lösungen, welche freie Salzsäure oder Chlormetalle enthalten, Niederschläge von Quecksilberchlorür (Hg_2Cl) und Chlorblei (PbCl). Die Eigenschaften dieser Niederschläge siehe oben §. 116. 6. u. §. 117. 7.

6. Erwärmt man Chlorwasserstoffsäure mit *Braunstein*, oder Chlormetalle mit *Braunstein* und *Schwefelsäure*, so entwickelt sich Chlorgas, welches an seiner gelbgrünen Farbe, seinem Geruche und seiner Pflanzenfarben bleichenden Wirkung leicht erkannt wird. Um letztere wahrzunehmen, setzt man am besten ein Streifchen feuchten Lackmuspapiers oder feuchten mit Indigolösung gefärbten Papiers der Wirkung des Gases aus.

7. Reibt man ein Chlormetall mit *chromsaurem Kali* zusammen, übergiesst das ganz trockne Gemenge in einem Tubulatretörtchen mit *concentrirter Schwefelsäure* und erwärmt gelinde, so entwickelt sich ein tiefbraunrothes Gas, das der Chlorchromsäure (CrO_2Cl), in reichlicher Menge; es verdichtet sich zu einer gleichgefärbten Flüssigkeit und geht in die Vorlage über. Vermischt man dieses Destillat mit überschüssigem Ammon, so erhält man, nach der Gleichung $CrO_2Cl + 2NH_4O = NH_4Cl + NH_4O, CrO_3$, eine von chromsaurem Ammon gelb gefärbte Flüssigkeit, deren gelbe Farbe bei Zusatz von Säure, in Folge der Bildung sauren chromsauren Ammons, rothgelb wird.

8. In den in Wasser und Salpetersäure unlöslichen Chlormetallen findet man das Chlor, indem man sie mit kohlensaurem Natron-Kali schmelzt. Wasser zieht alsdann aus der geschmolzenen Masse neben überschüssigem kohlensaurem Alkali das entstandene Chloralkalimetall aus.

9. Löst man am Platindraht in der äusseren Löthrohrflamme in einer *Phosphorsalzperle* so viel *Kupferoxyd* auf, dass dieselbe beinahe undurchsichtig wird, befestigt an der noch geschmolzenen eine Spur einer Chlor enthaltenden Substanz und erhitzt in der Reductionsflamme, so umgibt sich die Perle mit einer schön blauen, ins Purpurrothe ziehenden Flamme, so lange Chlor vorhanden ist (Berzelius). In Betreff des Chlorkupfer-Spectrums vergl. §. 157.

§. 153.

b. Bromwasserstoffsäure (HBr).

1. Das Brom ist eine schwere, rothbraune Flüssigkeit. Sie riecht sehr unangenehm, chlorähnlich, siedet bei 63° C., verflüchtigt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur rasch. Ihr Dampf ist braunroth. Das Brom bleicht Pflanzenfarben wie Chlor; es löst sich in Wasser ziemlich leicht, in Alkohol leichter, in Aether sehr leicht. Die Lösungen sind gelbroth.

2. Das Bromwasserstoffgas, die wässerige Bromwasserstoffsäure und die Brommetalle zeigen in ihrem allgemeinen Verhalten eine grosse Uebereinstimmung mit den entsprechenden Chlorverbindungen.

3. *Salpetersaures Silberoxyd* bewirkt in den wässerigen Lösungen des Bromwasserstoffs oder der Brommetalle einen gelblich-weissen, am Lichte grau werdenden Niederschlag von Bromsilber (Ag Br), der in verdünnter Salpetersäure unlöslich, in Ammon etwas schwer löslich, in Cyankalium leicht löslich ist.

4. *Salpetersaures Palladiumoxydul*, nicht aber Palladiumchlorür, erzeugt in neutralen Lösungen von Brommetallen, wenn sie concentrirter sind sogleich, — bei grösserer Verdünnung nach längerem Stehen, einen rothbraunen Niederschlag von Palladiumbromür (Pd Br).

5. *Schwefelsäure* zersetzt beim Erhitzen die Bromwasserstoffsäure und die Brommetalle, mit Ausnahme des Bromsilbers und Quecksilberbromids, und macht, indem sie den Wasserstoff oder das Metall oxydirt, das Brom frei. Dasselbe färbt, im Falle man eine Lösung hatte, diese gelb oder rothgelb; im Falle das Brommetall in fester Form oder in concentrirter Lösung vorhanden war, entweichen gleichzeitig braunrothe, wenn verdünnt, bräunlich-gelbe Dämpfe von Bromgas, welche sich bei genügender Menge im kälteren Theile des Proberöhrchens zu kleinen Tropfen verdichten. — In der Kälte wird in stark verdünnten Lösungen von Brommetallen das Brom weder durch Salpetersäure, selbst rothe rauchende, noch durch eine Auflösung von Untersalpetersäure in Schwefelsäurehydrat oder durch Salzsäure und salpetrigsaures Kali in Freiheit gesetzt.

6. *Chlorgas* oder *Chlorwasser* machen das Brom in den Lösungen seiner Verbindungen sofort frei, wobei die Flüssigkeit eine gelbrothe Farbe annimmt, wenn die Menge des Broms nicht zu gering war. Ein grosser Ueberschuss von Chlor ist zu vermeiden, weil durch solchen in Folge der Bildung von Chlorbrom die Farbe ganz oder fast ganz verschwindet. — Weit empfindlicher wird diese Reaction, wenn man eine Flüssigkeit zusetzt, welche fähig ist, das Brom aufzunehmen und sich mit Wasser nicht mischt, namentlich Schwefelkohlenstoff oder Chloroform. Man versetze die in einem Proberöhrchen befindliche neutrale oder schwach saure Lösung mit ein wenig der genannten Flüssigkeiten, so dass sich am Boden ein grosser Tropfen zeigt, füge dann verdünntes Chlorwasser tropfenweise zu und schüttele. Bei irgend grösseren Brommengen (z. B. 1 Brom : 1000 Wasser) färben sich die Tropfen rothgelb, — bei sehr geringen Brommengen (1 Brom : 30000 Wasser) immer noch erkennbar blassgelb. Weit weniger gut eignet sich zu dieser Reaction der früher dazu angewandte Aether. Man vermeide auch bei diesen Versuchen einen grossen Ueberschuss von Chlorwasser, auch prüfe man, ob letzteres, mit viel Wasser und etwas Schwefelkohlenstoff oder Chloroform geschüttelt, dieselben ungefärbt lässt. Nur wenn dies der Fall, kann das Chlorwasser angewandt werden. — Schüttelt und erwärmt man die Auflösung des Broms

in Schwefelkohlenstoff, Chloroform (oder Aether) mit etwas Kalilauge, so verschwindet die gelbe Farbe, man hat Bromkalium und bromsaures Kali in Lösung. Dampft man ab und glüht, so geht das bromsaure Kali in Bromkalium über. Die geglühte Masse kann alsdann nach 7. weiter geprüft werden.

7. Werden Brommetalle mit *Braunstein* und *Schwefelsäurehydrat* erhitzt, so entwickeln sich braunrothe Dämpfe von Brom. Anwesenheit von viel Chlormetallen ist der Reaction nicht günstig und erfordert, dass man etwas Wasser zufügt und die Schwefelsäure nur in sehr kleinen Quantitäten allmählich zusetzt. Bei sehr geringen Brommengen ist die Farbe der Dämpfe nicht sichtbar. Erhitzt man aber eine solche Mischung in einer kleinen Retorte und leitet die Dämpfe durch eine lange Kühlröhre von Glas, so wird die Farbe der Bromdämpfe in der Regel bemerkbar, wenn man der Länge nach durch die Kühlröhre sieht, auch sind die ersten Tropfen des Destillates gelb gefärbt. Man fängt die erst übergehenden Dämpfe sowie die ersten Tropfen zweckmässig in einem Probecylinder auf, welcher etwas mit Wasser befeuchtetes Stärkemehl enthält; denn kommt

8. feuchtes *Stärkemehl* mit freiem Brom, namentlich dampfförmigem, zusammen, so bildet sich gelbes Bromamylum. Die Färbung tritt nicht immer gleich ein. Um diese Reaction in dem Proberöhrchen hervorzurufen, in welchem man die ersten Tropfen des nach 7. erhaltenen Destillates aufgefangen hat, schmelze man es zu und drehe es vorsichtig um, so dass die Flüssigkeit unten, die feuchte Stärke oben ist. Nach 12 oder 24 Stunden wird das Amylum gelb erscheinen. Die Färbung verschwindet bei längerem Stehen wieder. — Einfacher und kaum minder empfindlich tritt die Reaction ein, wenn man die etwas freies Brom enthaltende Flüssigkeit, oder auch die ursprüngliche Mischung von Brommetall, Braunstein und Schwefelsäure, in einem ganz kleinen Becherglase erwärmt, welches mit einem Uhrglase bedeckt ist, an dessen unterer Seite sich ein Stückchen mit Stärkekleister befeuchtetes und mit Stärkepulver bestreutes Papier befindet.

9. Uebergiesst und erwärmt man ein Gemenge von Brommetall und *chromsaurem Kali* mit *Schwefelsäure*, so entwickelt sich gerade wie bei Chlormetallen ein braunrothes Gas. Dasselbe ist jedoch reines Brom, daher die übergehende Flüssigkeit beim Uebersättigen mit Ammon nicht gelb, sondern farblos wird.

10. Versetzt man eine Lösung von Bromwasserstoff oder die Lösung eines Bromalkalimetalles mit ein wenig *Goldchloridlösung*, so entsteht in Folge der Bildung von Goldbromid eine strohgelbe bis dunkel orangerothe Färbung. — Wäre eine Jodverbindung zugegen, so müsste diese vor Anstellung der Reaction abgeschieden werden (Bill).

11. Die in Wasser und Salpetersäure unlöslichen Brommetalle werden zur Entdeckung des Broms wie die entsprechenden Chlormetalle behandelt.

12. Eine mit *Kupferoxyd gesättigte Phosphorsalzperle*, mit einer Brom enthaltenden Substanz versetzt und in der inneren Löthrohrflamme geglüht, färbt die Flamme blau, ins Grüne ziehend, vorzüglich an den Kanten (Berzelius). In Betreff des Bromkupfer-Spectrums vergleiche §. 157.

§. 154.

c. Jodwasserstoffsäure (HJ).

1. Das Jod ist ein fester, weicher, in der Regel krystallinische, schwarze, glänzende Blättchen darstellender, eigenthümlich unangenehm riechender Körper. Es schmilzt bei gelindem Erhitzen und verwandelt sich bei etwas höherer Temperatur in schön veilchenblauen Joddampf, der sich beim Abkühlen zu einem schwarzen Sublimat verdichtet. Es löst sich sehr wenig in Wasser (die Lösung ist hellbraun), leicht in Alkohol, Aether sowie in wässeriger Jodkaliumlösung (die Lösungen sind dunkelrothbraun). Das Jod zerstört Pflanzenfarben langsam und schwach, färbt die Haut braun, bildet mit Stärkemehl eine höchst intensiv dunkelblau gefärbte Verbindung. Dieselbe entsteht immer, wenn Joddampf oder eine freies Jod enthaltende Lösung mit Stärkemehl, am besten mit Stärkekleister, zusammenkommt. Sie wird durch Alkalien, durch Chlor und Brom, durch schweflige Säure und andere Reductionsmittel zersetzt.

2. Der Jodwasserstoff ist ein dem Chlor- und Bromwasserstoff ähnliches, in Wasser in reichlicher Menge lösliches Gas. Die farblose wässerige Jodwasserstoffsäure wird in Berührung mit der Luft schnell rothbraun, indem sich Wasser und eine Auflösung von Jod in Jodwasserstoffsäure bilden.

3. Die Jodmetalle entsprechen ebenfalls in vieler Beziehung den Chlormetallen. Von denen, welche schwere Metalle enthalten, sind jedoch weit mehr in Wasser unlöslich. Viele, z. B. das Jodblei, Quecksilberjodür und Quecksilberjodid, zeigen eigenthümliche Färbungen.

4. *Salpetersaures Silberoxyd* bewirkt in den wässerigen Lösungen des Jodwasserstoffs und der Jodmetalle gelblich-weisse, am Lichte sich schwärzende Niederschläge von Jodsilber (AgJ), welche in verdünnter Salpetersäure nicht, in Ammon sehr schwierig, in Cyankalium leicht auflöslich sind.

5. *Palladiumchlorür* und *salpetersaures Palladiumoxydul* erzeugen auch in sehr verdünnten Auflösungen der Jodwasserstoffsäure oder eines Jodmetalls einen braunschwarzen Niederschlag von Palladiumjodür (PdJ), welcher in Salzlösungen (Kochsalz, Chlormagnesium etc.) ein wenig, in verdünnter kalter Salz- und Salpetersäure nicht oder kaum löslich ist.

6. Eine Lösung von einem Theil *Kupfervitriol* und zwei und ein halb Theilen *Eisenvitriol* fällt aus den wässerigen neutralen Lösungen der Jodmetalle Kupferjodür (Cu_2J) in Gestalt eines schmutzig-weissen Niederschlages. Zusatz von etwas Ammon begünstigt die vollständige

Ausfällung des Jods. Chlor- und Bromverbindungen werden durch das genannte Reagens nicht niedergeschlagen. Anstatt desselben kann man sich auch des Kupfervitriols allein bedienen, indem man nach dessen Zufügen so viel schweflige Säure zusetzt, dass die durch ausgeschiedenes Jod braune Flüssigkeit eben entfärbt wird.

7. Reine, von salpetriger Säure freie *Salpetersäure* zersetzt Jodwasserstoffsäure oder Jodmetalle nur, wenn sie in concentrirtem Zustande, namentlich in der Hitze, einwirkt. *Salpetrige Säure* oder *Untersalpetersäure* dagegen zersetzen die genannten Jodverbindungen überaus leicht, selbst wenn dieselben in den verdünntesten Lösungen enthalten sind. Farblose Lösungen von Jodmetallen färben sich daher sofort braunroth, wenn man etwas rothe rauchende Salpetersäure, oder eine Mischung derselben mit concentrirter Schwefelsäure, oder besser eine Auflösung von Untersalpetersäure in Schwefelsäurehydrat, oder salpetrigsaures Kali und etwas Schwefelsäure oder Salzsäure zufügt. Sind die Lösungen irgend concentrirt, so scheidet sich das Jod in schwarzen Blättchen ab, während Joddampf und Stickoxyd entweichen.

8. Da die blaue Färbung der Jodstärke noch bei weit grösserer Verdünnung sichtbar ist, als die gelbe der Lösung des Jods in Wasser, so steigert sich die Empfindlichkeit der Reaction bedeutend, wenn man die auf Jod zu prüfende Flüssigkeit erst mit etwas dünnem, ziemlich klarem *Stärkekleister* versetzt, dann einige Tropfen verdünnte Schwefelsäure zusetzt, so dass die Flüssigkeit stark sauer wird, endlich eines der in 7. genannten Präparate zufügt. Von der Auflösung der Untersalpetersäure in Schwefelsäure bedarf es nur eines mit einem Glasstabe hinzugebrachten Tropfens, um die Reaction auf's Deutlichste hervorzurufen, daher ich dieses Reagens mit Otto, der es zuerst vorgeschlagen hat, sehr empfehlen kann; von rother rauchender Salpetersäure muss mehr zugesetzt werden, um die Reaction zum höchsten Grad der Intensität zu bringen, daher sie für die Nachweisung sehr geringer Jodmengen sich nicht gut eignet. — Eine ausgezeichnet empfindliche Reaction gewährt auch das salpetrigsaure Kali. Man versetzt die zu prüfende Flüssigkeit mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Salzsäure bis zur entschieden sauren Reaction, und fügt dann einen oder zwei Tropfen einer concentrirten Lösung von salpetrigsaurem Kali zu. — Bei sehr geringen Jodmengen färbt sich die Flüssigkeit nicht blau, sondern röthlich. — Ein Ueberschuss der salpetrige oder Untersalpeter-Säure enthaltenden Flüssigkeiten beeinträchtigt die Reaction nicht wesentlich. — Da die Jodstärke mit heissem Wasser eine farblose Lösung liefert, so müssen die Flüssigkeiten nothwendig kalt sein. Je kälter sie sind, um so empfindlicher ist die Reaction. Kommt es darauf an, den höchsten Grad der Empfindlichkeit zu erreichen, so kühle man mit Eis ab, lasse die Stärke sich absetzen und beobachte dann, indem man das Proberöhrchen auf weisses Papier stellt (vergl. auch unten: Zusammenstellung und Bemerkungen, §. 157).

9. *Chlorgas* und *Chlorwasser* machen das Jod in seinen Verbindun-

gen ebenfalls frei, ein Ueberschuss von Chlor aber bindet es wieder zu farblosem Chlorjod. Daher färbt sich eine verdünnte Lösung eines Jodmetalles, welcher man Stärkekleister zugefügt hat, auf Zusatz von wenig Chlorwasser sofort blau, entfärbt sich aber wieder, wenn man mehr Chlorwasser zufügt. Da es somit, namentlich bei sehr kleinen Jodmengen, schwierig ist, die Grenze nicht zu überschreiten, so empfiehlt sich das Chlorwasser zur Nachweisung sehr kleiner Jodmengen weniger.

10. Versetzt man eine Jodwasserstoff oder ein Jodmetall enthaltende Lösung mit *Chloroform* oder *Schwefelkohlenstoff*, so dass ein paar Tropfen ungelöst bleiben, fügt ein, Jod in Freiheit setzendes, Mittel (einen Tropfen einer Auflösung von Untersalpetersäure in Schwefelsäurehydrat, — Salzsäure und salpetrigsaures Kali, — Chlorwasser oder dergleichen) zu, schüttelt tüchtig und lässt dann ruhig stehen, so scheidet sich am Boden das Chloroform oder der Schwefelkohlenstoff ab, durch das aufgenommene Jod dunkler oder heller violett-roth gefärbt. (Ebenfalls überaus empfindliche Reaction.) Schüttelt man eine freies Jod enthaltende Lösung mit *Petroleum*, *Benzol* oder *Aether*, so färben sich jene fast roth, der Aether mehr rothbraun oder gelb. (Jod färbt den Aether viel intensiver als eine gleiche Menge Brom.)

11. Erhitzt man Jodmetalle mit *concentrirter Schwefelsäure*, mit *Schwefelsäure* und *Braunstein*, mit *Schwefelsäure* und *chromsaurem Kali* oder mit etwas Eisenchlorid unter Zusatz von ein wenig Salzsäure, so scheidet sich Jod ab, an der Farbe seines Dampfes, bei kleinen Mengen besser durch dessen Einwirkung auf ein mit Stärkekleister bestrichenes Papierstreifchen, zu erkennen.

12. Beim Schmelzen mit *kohlensaurem Natron-Kali* verhalten sich die in Wasser und Salpetersäure unlöslichen Jodmetalle wie die entsprechenden Chlorverbindungen.

13. Eine mit *Kupferoxyd gesättigte Phosphorsalzperle*, mit einer Jod enthaltenden Substanz versetzt und in der inneren Löthrohrflamme geglüht, färbt die Flamme intensiv grün. — In Betreff des Jodkupfer-Spectrums vergl. §. 157.

§. 155.

d. Cyanwasserstoffsäure (HCy).

1. Das Cyan ist ein farbloses, eigenthümlich und durchdringend riechendes, mit carmoisinrother Flamme brennendes, in Wasser ziemlich lösliches Gas.

2. Die Cyanwasserstoffsäure ist eine farblose, flüchtige, brennbare, den bitteren Mandeln entfernt ähnlich riechende, mit Wasser in allen Verhältnissen mischbare, im reinen Zustande sich bald zersetzende höchst giftige Flüssigkeit.

3. Von den Cyanmetallen sind die, welche Metalle der Alkalien oder alkalischen Erden enthalten, in Wasser löslich; die Lösungen riechen

nach Blausäure. Sie werden von Säuren, selbst von Kohlensäure, leicht zerlegt. Cyankalium und Cyannatrium schmelzen, bei Luftabschluss geglüht, ohne Zersetzung; beim Schmelzen mit Blei-, Kupfer-, Antimon-, Zinn-Oxyd und vielen anderen Oxyden reduciren sie dieselben und gehen selbst in cyansaure Salze über. Von den Cyanverbindungen, welche schwere Metalle enthalten, sind nur wenige in Wasser löslich; alle werden beim Glühen zersetzt. Sie zerfallen dabei entweder, wie die Cyanverbindungen der edlen Metalle, in Cyangas und Metall, oder, wie die der anderen schweren Metalle, in Stickgas und Kohlenmetall. Viele Verbindungen des Cyans mit schweren Metallen werden von verdünnten Sauerstoffsäuren nicht, von concentrirter Salpetersäure schwierig zersetzt. Durch Erhitzen und Abdampfen mit concentrirter Schwefelsäure werden alle Cyanmetalle zersetzt, Salzsäure zerlegt einige, Schwefelwasserstoff viele.

4. Die Cyanmetalle haben grosse Neigung, sich mit einander zu verbinden, daher lösen sich die meisten Cyanverbindungen der schweren Metalle in Cyankalium auf. Die so entstehenden Verbindungen sind entweder:

a. wirkliche Doppelsalze, Verbindungen zweiter Ordnung, z. B. K Cy + Ni Cy. Aus deren Lösungen scheiden Säuren, indem sie das Cyankalium zersetzen, die damit verbunden gewesenen Cyanmetalle ab. — Oder sie sind

b. einfache Haloidsalze, Verbindungen erster Ordnung, in denen ein Metall, z. B. Kalium, verbunden ist mit einem aus Cyan und einem anderen Metall (Eisen, Kobalt, Mangan, Chrom) bestehenden zusammengesetzten Radical. Verbindungen dieser Art sind das gelbe und rothe Blutlaugensalz, K_2, Cy_3 Fe oder K_2 Cfy und K_3, Cy_6 Fe_2 oder K_3 Cfdy, das Kobaltidcyankalium, K_3, Cy_6 Co_2, u. s. w. Verdünnte Säuren scheiden aus ihren Lösungen in der Kälte keine Cyanmetalle ab. Ersetzt man das Kalium durch Wasserstoff, so entstehen eigene, mit der Cyanwasserstoffsäure nicht zu verwechselnde Wasserstoffsäuren.

Im Folgenden sollen zuerst die Reactionen der Cyanwasserstoffsäure und der einfachen Cyanverbindungen, sodann die der Ferro- und Ferridcyanwasserstoffsäure besprochen werden.

5. *Salpetersaures Silberoxyd* bewirkt in den Lösungen der freien Blausäure und der Cyanalkalimetalle weisse, in Cyankalium leicht, in Ammon etwas schwierig, in verdünnter Salpetersäure nicht lösliche Niederschläge von Cyansilber (Ag Cy), welche beim Glühen zerlegt werden und metallisches Silber nebst etwas Paracyansilber zurücklassen.

6. Setzt man zu einer Lösung von freier Blausäure *Eisenvitriollösung*, der man einen Tropfen Eisenchloridlösung zugesetzt hat, so entsteht keine Veränderung, fügt man aber einige Tropfen *Kali-* oder *Natronlauge* zu, so bildet sich ein blaugrüner Niederschlag, ein Gemenge von Berlinerblau (Fe_4 Cfy_3) und Eisenoxyduloxydhydrat. Setzt man jetzt —

am besten nach gelindem Erwärmen — Salzsäure zu, so löst sich das letztere, während das Berlinerblau ungelöst bleibt. Bei sehr geringen Mengen erscheint die Flüssigkeit nach Zusatz der Salzsäure grün und erst nach längerem Stehen setzt sich daraus ein geringer blauer Niederschlag ab. — Aehnliche und im Endresultate gleiche Erscheinungen treten ein, wenn eine schwefelsaures Eisenoxyd oder Eisenchlorid enthaltende Eisenvitriollösung zur Auflösung eines Cyanalkalimetalles gesetzt und dann Salzsäure zugefügt wird.

7. Vermischt man eine etwas Blausäure oder Cyanalkalimetall enthaltende Flüssigkeit mit so viel gelbem Schwefelammonium, dass die Flüssigkeit gelblich erscheint, sowie mit etwas Ammon, und erwärmt, nöthigenfalls unter Erneuerung des Wassers, in einem Porzellanschälchen, bis die Mischung farblos geworden und das überschüssige Schwefelammonium verflüchtigt oder zersetzt ist, so enthält sie nunmehr Schwefelcyanammonium und wird, nach dem Ansäuern mit Salzsäure (wobei Schwefelwasserstoff sich nicht entwickeln darf) bei Zusatz von Eisenchlorid blutroth (v. Liebig). Diese Reaction ist überaus empfindlich. Folgendes Schema versinnlicht den Uebergang der Blausäure in Schwefelcyanammonium: $NH_4S_5 + 2(NH_4O) + 2HCy = 2(NH_4, CyS_2) + NH_4S + 2HO$. Ist ein essigsaures Salz zugegen, so tritt die Reaction erst bei Zusatz von mehr Salzsäure ein. — Will man das Cyan in unlöslichen Verbindungen durch Ueberführung in Eisenrhodanid entdecken, so schmelzt man unterschwefligsaures Natron am Oehr eines Platindrahtes, bis das Krystallwasser entwichen ist und die Masse sich aufbläht, bringt dann eine kleine Probe der Substanz hinzu, erhitzt kurze Zeit in der Flamme, entfernt, sobald der Schwefel zu brennen anfängt, und taucht die am Oehr befindliche Masse in einige Tropfen Eisenchlorid, die man mit etwas Salzsäure versetzt hat. Ist in der Probe Cyan gewesen, so entsteht jetzt die blutrothe Färbung des Eisenrhodanids, welche beim Stehen nicht verschwindet. Erhitzt man die Probe zu lange, so misslingt die Reaction, weil alsdann das gebildete Rhodannatrium wieder zerstört wird. Diese Methode ist namentlich geeignet, Cyansilber von Chlor-, Brom- oder Jodsilber zu unterscheiden (A. Fröhde).

8. Versetzt man eine mässig concentrirte Lösung eines Cyanalkalimetalls mit ein wenig Pikrinsäurelösung (1 Pikrinsäure, 250 Wasser) und kocht, so färbt sich die Flüssigkeit durch entstehendes pikrocyaminsaures Kali dunkelroth; die Färbung gewinnt beim Stehen an Intensität. — War die Lösung des Cyanalkalimetalles sehr verdünnt, so darf man nur so viel Pikrinsäure zusetzen, dass die Flüssigkeit eben citronengelb gefärbt erscheint. Nach dem Kochen tritt dann oft nicht sogleich, wohl aber beim Erkalten und längeren Stehen die rothe Färbung ein. Die Reaction ist sehr empfindlich (C. D. Braun).

9. Tränkt man Filtrirpapier mit frisch bereiteter Guajactinctur von 3 — 4 Proc. Harzgehalt, benetzt dasselbe nach dem Verdunsten des Weingeistes mit Kupfervitriollösung von $^1/_4$ Proc. Salzgehalt und bringt

dasselbe dann in Luft, welche auch nur eine Spur Blausäuredampf enthält, so bläuet sich das Papier durch in activem Zustand ausgeschiedenen Sauerstoff: $3\,CuO + 2\,HCy = Cu_2Cy, CuCy + 2\,HO + O$ (Pagenstecher, Schönbein).

10. Versetzt man eine sehr verdünnte Jodamylumlösung mit einer Spur Blausäure oder — nach Zusatz von etwas verdünnter Schwefelsäure — mit einer Spur eines Cyanalkalimetalles, so verschwindet die Färbung sogleich oder nach kurzer Zeit, weil sich das Jod mit der Blausäure in Jodcyan und Jodwasserstoff umsetzt (Schönbein). Sehr empfindliche Reaction, welche aber — da auch viele andere Substanzen Jodamylum entfärben — allein nie entscheidend ist.

11. In dem Cyanquecksilber lässt sich das Cyan durch die bisher angegebenen Methoden nicht entdecken. Um es darin aufzufinden, versetzt man seine Lösung mit Schwefelwasserstoff; man erhält hierdurch einen Niederschlag von Schwefelquecksilber, in Lösung aber freie Blausäure. — Festes Cyanquecksilber wird am leichtesten erkannt, wenn man es in einer Glasröhre erhitzt (vergl. 3.).

Anhang zur Cyanwasserstoffsäure.

a. Ferrocyanwasserstoffsäure (H_2Cfy). Die Ferrocyanwasserstoffsäure ist in Wasser löslich, die Ferrocyanmetalle sind theils in Wasser löslich, wie die, welche Metalle der Alkalien und alkalischen Erden enthalten, grösserentheils aber unlöslich. Alle werden beim Glühen zersetzt; waren sie nicht vollständig entwässert, so entweicht Blausäure, Kohlensäure und Ammoniak, anderenfalls Stickgas und zuweilen Cyan. In der wässerigen Lösung der Ferrocyanwasserstoffsäure oder der Ferrocyanmetalle erzeugt *Eisenchlorid* einen blauen Niederschlag von Eisenferrocyanid (Fe_4Cfy_3), *schwefelsaures Kupferoxyd* einen braunrothen von Kupferferrocyanid (Cu_2Cfy), *salpetersaures Silberoxyd* fällt Silberferrocyanid (Ag_2Cfy) als weissen, in Salpetersäure und in Ammon nicht löslichen, in Cyankalium löslichen Niederschlag. Vermischt man eine nicht zu verdünnte Lösung eines Ferrocyanalkalimetalles mit *Salzsäure* und überschichtet die Flüssigkeit mit *Aether*, so scheidet sich an der Berührungsstelle Ferrocyanwasserstoffsäure krystallinisch aus. — Unlösliche Ferrocyanmetalle werden beim Kochen mit Natronlauge unter Abscheidung der Oxyde, sofern diese nicht in Natronlauge löslich sind, und Bildung von Ferrocyannatrium zerlegt. — Erhitzt man Ferrocyanmetalle mit einer Mischung von 3 Thln. concentrirter Schwefelsäure und 1 Thl. Wasser bis zur Verjagung der freien Säure, so werden sie zersetzt und das Cyan als Cyanwasserstoff ausgetrieben; die Metalle bleiben als schwefelsaure Salze zurück. — Beim Eintragen in schmelzenden Salpeter bildet sich aus dem Cyan Kohlensäure und Stickgas, die Metalle erhält man als Oxyde in der Schmelze.

b. Ferridcyanwasserstoffsäure (H_3 Cfdy). Die Ferrideyanwasserstoffsäure und viele Ferridcyanmetalle sind in Wasser löslich; alle Ferridcyanmetalle zersetzen sich beim Glühen in ähnlicher Art wie die Ferrocyanverbindungen. In den wässerigen Lösungen der Ferrideyanwasserstoffsäure und ihrer Salze bewirkt *Eisenchlorid* keinen blauen Niederschlag, *schwefelsaures Eisenoxydul* dagegen einen blauen von Eisenferridcyanür (3 Fe, Cfdy), *schwefelsaures Kupferoxyd* einen gelbgrünen, in Salzsäure unlöslichen von Kupferferridcyanid (3 Cu, Cfdy), *salpetersaures Silberoxyd* einen orangefarbenen, in Salpetersäure nicht, in Ammon und in Cyankalium leicht löslichen von Silberferridcyanid (3 Ag, Cfdy). Die unlöslichen Ferridcyanmetalle werden beim Kochen mit Natronlauge zerlegt. In der von den abgeschiedenen Metalloxyden abfiltrirten Flüssigkeit findet man entweder nur Ferridcyannatrium, oder ein Gemenge von Ferro- mit Ferridcyannatrium. Beim Erhitzen mit einer Mischung von 3 Thln. concentrirter Schwefelsäure und 1 Thl. Wasser wie beim Schmelzen mit Salpeter werden die Ferridcyanmetalle ebenso zerlegt wie die Ferrocyanmetalle.

§. 156.

e. Schwefelwasserstoffsäure (HS).

1. Der Schwefel ist ein fester, spröder, zerreiblicher, geschmackloser, in Wasser unlöslicher Körper. Er stellt bald gelbe oder bräunliche Krystalle oder so gefärbte krystallinische Massen, bald ein gelbes oder auch gelb- oder graulich-weisses Pulver dar. Bei mässigem Erhitzen schmilzt er, bei stärkerem verwandelt er sich in braungelben Dampf, welcher sich in kalter Luft zu gelbem Pulver, an den Gefässwänden zu Tropfen verdichtet. An der Luft erhitzt, verbrennt er mit bläulicher Flamme zu schwefliger Säure, die sich durch ihren erstickenden Geruch sogleich zu erkennen gibt. Concentrirte Salpetersäure, Königswasser und eine Mischung von chlorsaurem Kali und Salzsäure lösen den Schwefel bei mässigem Erhitzen allmählich, indem sie ihn zu Schwefelsäure oxydiren; kochende Natronlauge löst ihn zu einer gelben, Schwefelnatrium und unterschwefligsaures Natron enthaltenden Flüssigkeit; in kaltem wässerigem Ammon ist er unlöslich, in erwärmtem löst er sich etwas. Schwefelkohlenstoff löst den Schwefel in seiner gewöhnlichen Modification leicht, doch gibt es auch eine in Schwefelkohlenstoff unlösliche Modification.

2. Der Schwefelwasserstoff ist bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdruck ein farbloses, brennbares, durch seinen Geruch nach faulen Eiern leicht erkennbares, in Wasser lösliches, Lackmus vorübergehend röthendes Gas.

3. Von den Schwefelmetallen sind nur die alkalischen und alkalisch erdigen in Wasser löslich. Dieselben werden, ebenso wie auch Schwefeleisen, Schwefelmangan und Schwefelzink, von verdünnten Mine-

ralsäuren, unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas, welches an seinem Geruche und an seiner Wirkung auf Bleilösung (siehe 4.) leicht erkannt wird, zersetzt. War die Schwefelverbindung eine höhere, so scheidet sich gleichzeitig ein weisser Niederschlag von fein zertheiltem Schwefel aus, der sich durch sein Verhalten beim Erhitzen von anderen Niederschlägen leicht unterscheiden lässt. Die Schwefelmetalle der fünften und sechsten Gruppe werden zum Theil von kochender concentrirter Salzsäure unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas, zum Theil nicht von Salzsäure, wohl aber von concentrirter kochender Salpetersäure gelöst. Die Verbindungen des Schwefels mit Quecksilber, Gold und Platin widerstehen beiden Säuren, lösen sich aber in erhitztem Königswasser. Bei den Lösungen der Schwefelmetalle in Salpetersäure und Königswasser wird Schwefelsäure gebildet und meistens ausserdem Schwefel abgeschieden. Beim Erhitzen in einer unten zugeschmolzenen Glasröhre liefern manche Schwefelmetalle — namentlich höher geschwefelte — ein Sublimat von Schwefel. Beim Schmelzen mit Salpeter und kohlensaurem Natron werden alle Schwefelmetalle zersetzt. Den Schwefel findet man im Wasserauszug der Schmelze als schwefelsaures Alkali.

4. Kommt Schwefelwasserstoff in Lösung oder in Gasform mit *salpetersaurem Silberoxyd* oder *essigsaurem Bleioxyd* zusammen, so entstehen schwarze Niederschläge von Schwefelsilber oder Schwefelblei. Genügt daher der Geruch nicht zur Entdeckung des Schwefelwasserstoffs, so kann man sich durch diese Reagentien aufs Sicherste von seiner Anwesenheit überzeugen. Ist er in Gasform, so bringt man in die zu prüfende Luft ein mit Bleizuckerlösung und ein wenig Ammon befeuchtetes Papierstreifchen, welches die Gegenwart des Schwefelwasserstoffs zu erkennen gibt, indem es sich mit einem braunschwarzen, glänzenden Häutchen von Schwefelblei bedeckt. — Soll eine Spur Schwefelalkalimetall neben freiem oder kohlensaurem Alkali nachgewiesen werden, so mischt man die Flüssigkeit am besten mit einer Auflösung von Bleioxyd in Natronlauge, welche man bereitet, indem man Bleizuckerlösung mit Natronlauge versetzt, bis sich der Niederschlag wieder gelöst hat.

5. Versetzt man eine Schwefelwasserstoff oder ein alkalisches Schwefelmetall enthaltende Flüssigkeit mit Natronlauge, dann mit Nitroprussidnatrium*), so färbt sich die Flüssigkeit schön rothviolett. — Die Reaction ist sehr empfindlich, wird aber hierin von einer Auflösung von Bleioxyd in Natronlauge doch noch übertroffen.

6. Werden Schwefelmetalle in der äusseren *Löthrohrflamme* erhitzt, so verbrennt der Schwefel darin mit blauer Flamme und unter Verbreitung des bekannten Geruches der schwefligen Säure. Erhitzt man sie in einer an beiden Seiten offenen, schief gehaltenen Glasröhre, in deren oberen

*) Ich habe das Nitroprussidnatrium nicht unter den Reagentien aufgeführt, da es entbehrt werden kann.

Theil man ein feuchtes blaues Laekmuspapier geschoben hat, so wird dies durch die entweiehende sehweflige Säure geröthet.

7. Koeht man ein fein geriebenes Sehwefelmetall in einem Porzellansehälehen mit Kalilauge und erhitzt bis zum anfangenden Schmelzen des Kalihydrats, oder sehmelzt man die Probe mit Kalihydrat im Platinlöffel, löst dann in wenig Wasser auf, bringt ein Stüekehen blankes Silber (eine blank gescheuerte Münze) hinein und erwärmt, so wird diese (durch Sehwefelsilber) braunschwarz. Das Silber kann man durch Reiben mit Leder und gebranntem Kalk wieder blank machen (v. Kobell).

8. Mengt man in einem kleinen Cylinder oder weithalsigen Kölbchen das Pulver eines durch Salzsäure nicht oder nur schwierig zersetzbaren Sehwefelmetalles mit dem gleichen Volum fein zertheilten schwefelfreien Eisens (ferrum alcoholisatum der Apotheken) und übergiesst einige Linien hoch mit mässig verdünnter Salzsäure (auf 1 Volum concentrirter Säure 1 Volum Wasser), so entweicht mit dem Wasserstoff Schwefelwasserstoff, den man leicht erkennt, wenn man mittelst eines lose aufgesetzten Korkes ein mit Bleizuekerlösung getränktes und wieder getrocknetes Papierstreifchen so einklemmt, dass es unter dem Korke naeh dessen ganzer Breite liegt und an beiden Seiten hervorragt. — Realgar, Operment und Molybdänit geben die Reaction nicht (v. Kobell).

§. 157.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Von den Säuren der ersten Gruppe werden die meisten durch salpetersaures Silberoxyd ebenfalls gefällt. Diese Niederschläge können jedoch mit den Silberverbindungen, welche die Säuren der zweiten Gruppe bilden, nicht verweehselt werden, da jene in verdünnter Salpetersäure löslich, diese darin unlöslich sind. — Die Anwesenheit des Sehwefelwasserstoffs verhindert die Prüfung auf die anderen Säuren der zweiten Gruppe mehr oder weniger; es muss daher jener, im Falle er zugegen ist, erst entfernt werden, bevor man die Prüfung auf die übrigen Säuren vornehmen kann. Es geschieht diese Entfernung, wenn der Schwefelwasserstoff im freien Zustande zugegen ist, durch blosses Aufkoehen, wenn er an ein Alkali gebunden ist, durch Zusatz eines Metallsalzes, welches die anderen Säuren nicht oder nicht aus saurer Lösung fällt. — Jod- und Cyanwasserstoffsäure können, auch bei Anwesenheit der Chlor- und Bromwasserstoffsäure, durch die ebenso empfindlichen als charakteristischen Reactionen mit Amylum oder Schwefelkohlenstoff, unter Zusatz einer salpetrige Säure enthaltenden Flüssigkeit, und mit Eisenoxyduloxydlösung erkannt werden. — Die Erkennung des Chlors und Broms ist aber bei Anwesenheit von Jod und Cyan mehr oder minder schwierig. Es müssen daher diese letzteren, wenn sie zugegen sind, abgeschieden oder unschädlich gemacht werden, bevor man auf Chlor und Brom prüfen kann. Die Abscheidung des Cyans gelingt leicht, wenn man die gesammten Silberverbindungen glüht. Cyansilber wird zersetzt,

Chlor-, Brom- und Jodsilber erleiden keine Zerlegung. Schmelzt man daher den geglühten Rückstand mit kohlensaurem Natron-Kali und kocht mit Wasser aus, so erhält man Chlor-, Brom- und Jod-Alkalimetall in Lösung. Auch durch Zink lassen sich die geschmolzenen Silberverbindungen leicht zerlegen. Man übergiesst sie zu dem Behufe mit Wasser, fügt ein wenig verdünnte Schwefelsäure und ein Körnchen Zink hinzu, lässt längere Zeit stehen und filtrirt die entstandene Chlor-, Brom- oder Jod-Zinklösung von dem ausgeschiedenen metallischen Silber ab.

Die Abscheidung des Jods von Chlor und Brom lässt sich durch Behandlung der Silberverbindungen mit Ammon, genauer durch Fällung als Kupferjodür bewerkstelligen. Von Brom allein scheidet man es am genauesten durch Palladiumchlorür, welches nur das Jod fällt; von Chlor lässt sich das Jod durch salpetersaures Palladiumoxydul trennen.

Um Brom neben Jod und Chlor zu entdecken, kann man einfach also operiren. Man versetzt die Flüssigkeit mit ein paar Tropfen verdünnter Schwefelsäure, dann mit Stärkekleister und fügt ein wenig rothe rauchende Salpetersäure, besser noch eine Auflösung von Untersalpetersäure in Schwefelsäure zu. Die Jodreaction tritt sofort ein. Man fügt nun tropfenweise Chlorwasser zu, bis sie eben wieder verschwunden ist, dann noch ein wenig mehr, um auch das Brom in Freiheit zu setzen, welches nun durch Chloroform oder Schwefelkohlenstoff aufgenommen und erkannt wird. — Man kann das in der stark verdünnten Flüssigkeit in Freiheit gesetzte Jod auch mit Chloroform oder Schwefelkohlenstoff aufnehmen und in der durch ein nasses Filter abfiltrirten Flüssigkeit das Brom mit Schwefelkohlenstoff oder Chloroform und Chlorwasser entdecken. Man kann aber statt dessen auch geradezu nach dem Freimachen des Jods vorsichtig Chlorwasser zufügen, es nimmt alsdann die durch Jod bedingte violettrothe Färbung mehr und mehr ab, und sobald sie verschwunden, tritt die bräunlich-gelbe Farbe, welche das Brom den genannten Lösungsmitteln mittheilt, hervor.

Die Entdeckung der Chlormetalle neben Brom- und Jodmetallen gelingt am besten, wenn man zunächst mit salpetersaurem Silberoxyd fällt, den ausgewaschenen Niederschlag mit einer Mischung von 1 Thl. wässerigem Ammoniak mit 3 Thln. Wasser digerirt, das Jodsilber abfiltrirt, das Filtrat mit Salpetersäure fällt, den Niederschlag (der Chlorsilber, Bromsilber und eine Spur Jodsilber enthält) nach dem Auswaschen und Trocknen mit kohlensaurem Natron schmelzt, die Schmelze mit Wasser auszieht, die Lösung mit Schwefelsäure neutralisirt (die Reaction kann noch etwas alkalisch sein), zur Trockne verdampft, den Rückstand mit saurem chromsaurem Kali schmelzt und die Schmelze nach §. 152. 7 behandelt. — Anwesenheit von grösseren Mengen von Jodmetall beeinträchtigt die Reaction, daher das Jod erst nach Angabe abzuscheiden ist.

In Betreff der Jodamylum-Reaction mag hier noch bemerkt werden, dass Salze (Alaun, schwefelsaure Alkalien, schwefelsaure Magnesia etc.) die Empfindlichkeit der Reaction beeinträchtigen, und in Betreff dieser

und der Schwefelkohlenstoff-Reaction, dass bei Anwesenheit von Schwefelcyanverbindungen — wenn Untersalpetersäure zum Freimachen des Jods verwendet wurde — Verwechselungen vorkommen können (Nadler), indem alsdann die Flüssigkeit auch bei Abwesenheit von Jod durch Bildung von Pseudoschwefelcyan röthliche Färbung annimmt. Beim Schütteln mit Schwefelkohlenstoff wird die färbende Substanz von diesem grossentheils aufgenommen.

Was die Mittel, Jod in Freiheit zu setzen, anbelangt, so sind ausser den oben angeführten noch viele andere in Vorschlag gekommen, so Jodsäure oder jodsaures Alkali und Salzsäure (v. Liebig), Eisenchlorid und Schwefelsäure, Platinchlorid unter Zusatz von etwas Salzsäure (Hempel), übermangansaures Kali in schwach angesäuerter Lösung (Henry) etc. Hierzu bemerke ich Folgendes: Jodsäure muss mit grösster Vorsicht angewendet werden, weil a. bei Anwesenheit reducirender Körper aus dem Reagens Jod in Freiheit gesetzt wird, und weil b. ein Ueberschuss der Jodsäure die Reaction sogleich vernichtet. — Eisenchlorid unter Schwefelsäurezusatz wirkt bei ganz verdünnten Lösungen nicht sogleich, lässt man aber der Reaction Zeit, so tritt sie mit grösster Empfindlichkeit ein, ein Ueberschuss des Reagens bringt wenig Nachtheil. Des Eisenchlorids kann man sich namentlich auch dann mit Vortheil bedienen, wenn Jod in gasförmigem Zustande in Freiheit gesetzt werden soll, was z. B. bei Anwesenheit von Schwefelcyanverbindungen besonders zu empfehlen ist. Man erhitzt alsdann bis fast zum Sieden und lässt die entweichenden Dämpfe auf mit frischem Stärkekleister bestrichenes Papier wirken. — Uebermangansaures Kali wirkt auch in den verdünntesten Lösungen sofort. Da aber eine durch sehr wenig Jodamylum gefärbte Flüssigkeit auch röthlich erscheint, so kann — bei der Jodamylum-Reaction — durch die blosse Färbung der Uebermangansäure Verwechselung eintreten. Man darf daher auch diese Reaction erst nach 6 oder 12 Stunden beurtheilen. — Dass man die Art des Operirens mannichfach ändern kann, um die Amylumreaction recht empfindlich zu machen, versteht sich leicht. Wer sich für solche Modificationen interessirt, findet vieles Bemerkenswerthe in den Abhandlungen von Morin*) und von Hempel**).

Auch auf spectralanalytischem Wege lassen sich nach Al. Mitscherlich***) Chlor, Brom und Jod unterscheiden, denn die Spectren des Chlorkupfers, Bromkupfers und Jodkupfers, obgleich alle viele blaue und grüne Linien zeigen, weichen in der Lage und Stärke derselben von einander ab; auch lassen sich die drei Halogene neben einander erkennen, weil beim vorsichtigen Erhitzen von Chlor-, Brom- und Jodsilber mit Kupferoxyd im Wasserstoffstrom die Wasserstoffflamme erst durch Chlorkupfer, dann durch Bromkupfer und endlich durch das am wenigsten flüchtige Jodkupfer gefärbt erscheint. Die Unterscheidung auf diesem

*) Journ. f. prakt. Chem. 78. 1. — **) Ann. d. Chem. u. Pharm. 107. 102. — ***) Zeitschr. f. analyt. Chem. 4. 153.

Wege erfordert bei der Aehnlichkeit des Spectrums grosse Uebung und scheint mir mehr wissenschaftlich interessant als praktisch wichtig, weshalb ich in Betreff der Einzelnheiten auf die Originalabhandlung verweise.

§. 158.

Seltener vorkommende Säuren der zweiten Gruppe.

1. **Salpetrige Säure** (NO_3). Dieselbe stellt im freien Zustande bei gewöhnlicher Temperatur ein braunrothes Gas dar. Beim Zusammenkommen mit Wasser zerfällt es, wenigstens grösstentheils, in sich lösende Salpetersäure und Stickoxydgas, welches letztere, wenn die Wassermenge nicht sehr gross ist, zum Theil entweicht ($3\,NO_3 + HO = HO, NO_5 + 2\,NO_2$). Die salpetrigsauren Salze werden beim Glühen zersetzt, sie sind grossentheils in Wasser löslich. Behandelt man sie oder ihre concentrirten Lösungen mit verdünnter Schwefelsäure, so entwickelt sich nicht salpetrigsaures Gas, sondern Stickoxydgas, indem gleichzeitig Salpetersäurehydrat entsteht. — In den Lösungen salpetrigsaurer Alkalien erzeugt *salpetersaures Silberoxyd* einen weissen, in sehr viel Wasser, besonders beim Erwärmen löslichen Niederschlag, *schwefelsaures Eisenoxydul* bei Zusatz von etwas Säure eine durch die Auflösung des Stickoxyds in der Eisenvitriollösung bedingte dunkel schwarzbraune Färbung, *Schwefelwasserstoff* bewirkt in Lösungen, welche salpetrige Säure enthalten, sofern etwaiges freies Alkali durch eine Säure abgestumpft wird, eine reichliche Schwefelausscheidung, während gleichzeitig salpetersaures Ammon entsteht. *Pyrogallussäure* färbt die mit Schwefelsäure angesäuerte Lösung salpetrigsaurer Salze bis zu grosser Verdünnung braun (Schönbein), bei Zusatz von *Cyankaliumlösung* zu salpetrigsaurem Alkali, dann von etwas neutraler *Chlorkobaltlösung* und wenig Essigsäure färbt sich die Flüssigkeit in Folge der Bildung von Nitrocyankobaltkalium rosa-orangefarben (C. D. Braun); das empfindlichste Reagens auf salpetrige Säure aber ist mit Stärkekleister versetzte Jodkaliumlösung, namentlich bei Zusatz von Schwefelsäure (Price, Schönbein). Wasser, welches neben freier Schwefelsäure ein Hunderttausendstel salpetrigsaures Kali enthält, wird bei Zusatz des Reagens nach wenigen Secunden, und solches, welches ein Millionstel enthält, nach wenigen Minuten durch Jodamylum augenfällig blau. Man beachte, dass diese Reaction nur entscheidend ist, wenn keine sonstige Jodkalium zersetzende Substanz (Jodsäure, Eisenoxyd etc.) zugegen ist. — Versetzt man Wasser mit *Indigolösung*, bis es zur Undurchsichtigkeit tief gebläut ist, dann mit etwas Salzsäure, endlich unter Umrühren mit der Lösung eines *mehrfach geschwefelten Alkalimetalles*, bis das Gemisch eben völlig entbläut erscheint, filtrirt und fügt zu dem klaren Filtrate Wasser, welches wenn auch nur höchst geringe Mengen eines salpetrigsauren Salzes enthält, so entsteht sofort deutlichste Bläuung. Diese Reaction ist zu empfehlen, wenn in der zu prüfenden Flüssigkeit andere reducirende Körper zugegen sind, welche die Bläuung angesäuerten Jodkaliumkleisters verhindern (Schönbein). Man hat aber dabei zu beachten, dass auch andere oxydirende Substanzen Bläuung hervorrufen. — Versetzt man eine salpetrige Säure enthaltende Flüssigkeit, z. B. die mit Essigsäure angesäuerte Lösung von salpetrigsaurem Kali, mit *Rhodankaliumlösung*, so färbt sich die Flüssigkeit nicht, fügt man aber noch Salpetersäure zu, so tritt tief dunkle Rothfärbung ein, welche nach Zusatz von etwas Alkohol oder bei kurzem Erhitzen verschwindet (Unterschied von Eisenrhodanid). Beim Schütteln mit Schwefelkohlenstoff wird die färbende Substanz von diesem

grossentheils aufgenommen. Wie sich aus Obigem ergibt, wird die fragliche Reaction nur durch Untersalpetersäure, nicht durch salpetrige Säure hervorgerufen; sie kann daher zur Unterscheidung dieser beiden Säuren dienen.

2. **Unterchlorige Säure** (Cl O). Bei gewöhnlicher Temperatur tief gelbgrünes Gas von unangenehmem, reizendem, dem Chlor ähnlichem Geruche, in Wasser löslich. Die verdünnte wässerige Lösung lässt sich destilliren. Die unterchlorigsauren Salze kommen in der Regel vereinigt mit Chlormetallen vor, so im Chlorkalk, der Javelle'schen Lauge u. s. w., die Lösungen derselben verändern sich beim Kochen. Aus dem unterchlorigsauren Salze entstehen — bei verdünnten Lösungen ohne, bei concentrirten unter Sauerstoffentwickelung — Chlormetall und chlorsaures Salz. — Vermischt man die Lösung des Chlorkalks mit Salzsäure oder Schwefelsäure, so entbindet sich Chlor, während bei Zusatz von wenig Salpetersäure unterchlorige Säure frei wird. — *Salpetersaures Silberoxyd* fällt aus Chlorkalklösung Chlorsilber (das vorübergehend sich bildende unterchlorigsaure Silberoxyd zerfällt sehr bald in Chlorsilber und chlorsaures Silberoxyd, $3\,(Ag\,O,\,Cl\,O) = Ag\,O,\,Cl\,O_5 + 2\,Ag\,Cl$; *salpetersaures Bleioxyd* bewirkt einen anfangs weissen, allmählich orangerothen, endlich — durch Hyperoxydbildung — braunen Niederschlag, *Manganoxydulsalze* geben braunschwarze Niederschläge von Hyperoxydhydrat. — Eine Auflösung von übermangansaurem Kali wird nicht entfärbt. *Laekmus-* und *Indigotinetur* werden schon von den alkalischen Lösungen etwas, weit energischer aber bei Zusatz einer Säure entfärbt. Färbt man eine Auflösung von arseniger Säure in Salzsäure mit Indigotinctur blau und giesst unter gutem Umrühren eine Auflösung von Chlorkalk hinzu, so tritt die Entfärbung erst dann ein, wenn alle arsenige Säure in Arsensäure verwandelt ist.

3. **Chlorige Säure** ($Cl\,O_3$). Gelbgrünes Gas von sehr unangenehmem, eigenthümlichem Geruch, in Wasser löslich. Die Lösung ist höchst intensiv gelb gefärbt, selbst bei grosser Verdünnung. Die chlorigsauren Salze sind meist in Wasser löslich, die Lösungen zersetzen sich leicht, es bildet sich Chlormetall und chlorsaures Salz. — *Salpetersaures Silberoxyd* fällt weisses, in viel Wasser lösliches chlorigsaures Silberoxyd; eine Auflösung von *übermangansaurem Kali* wird sofort zersetzt, es scheidet sich nach einiger Zeit ein brauner Niederschlag ab; *Laekmus-* und *Indigotinetur* werden sogleich entfärbt, selbst wenn solche mit arseniger Säure im Ueberschuss versetzt sind. Vermischt man eine schwach angesäuerte, verdünnte Lösung eines *Eisenoxydulsalzes* mit einer verdünnten Lösung von chloriger Säure, so färbt sich die Flüssigkeit vorübergehend amethystfarben und nimmt erst nach einigen Secunden die gelbliche Färbung der Eisenoxydsalze an (Lenssen).

4. **Unterphosphorige Säure** (P O). Die concentrirte Lösung ist syrupdick und gleicht der der phosphorigen Säure (§. 148), mit welcher sie auch darin übereinkommt, dass sie, bei Luftabschluss erhitzt, in Phosphorsäurehydrat und nicht selbst entzündliches Phosphorwasserstoffgas zerfällt. Fast alle unterphosphorigsauren Salze sind in Wasser löslich, alle zerfallen beim Glühen in phosphorsaures Salz und, meist selbstentzündliches, Phosphorwasserstoffgas. *Chlorbaryum*, *Chlorealeium* und *essigsaures Bleioxyd* fällen nicht (Unterschied von phosphoriger Säure), *salpetersaures Silberoxyd* liefert mit unterphosphorigsauren Salzen anfangs einen weissen Niederschlag von unterphosphorigsaurem Silberoxyd, welcher sich schon bei gewöhnlicher Temperatur, rascher beim Erwärmen, unter Abscheidung von metallischem Silber schwärzt; aus über-

schüssigem *Quecksilberchlorid* fällt unterphosphorige Säure, in der Kälte langsam, beim Erwärmen rascher, Quecksilberchlorür. Mit *Zink* und *verdünnter Schwefelsäure* zusammengebracht, liefert die unterphosphorige Säure Phosphorwasserstoff enthaltendes Wasserstoffgas (vergl. phosphorige Säure §. 148).

Dritte Gruppe der anorganischen Säuren.

Säuren, welche weder durch Baryt- noch durch Silbersalze gefällt werden: Salpetersäure, Chlorsäure (Ueberchlorsäure).

§. 159.

a. Salpetersäure (NO_5).

1. Die wasserfreie Salpetersäure krystallisirt in sechsseitigen Prismen. Sie schmilzt bei 29,5° und kocht ungefähr bei 45° C. (Deville). Das Salpetersäurehydrat ist eine farblose, wenn es Untersalpetersäure enthält, rothe, sehr ätzende, organische Substanzen rasch zerstörende, stickstoffhaltige Materien hochgelb färbende, an der Luft rauchende Flüssigkeit.

2. Die neutralen Salze der Salpetersäure sind sämmtlich in Wasser löslich; in Wasser unlöslich sind nur einige basische salpetersaure Verbindungen. In starker Glühhitze werden alle salpetersauren Salze zersetzt. Die mit alkalischer Basis liefern anfangs Sauerstoffgas und gehen in salpetrigsaure Salze über, später Sauerstoffgas und Stickgas, die anderen Sauerstoff und salpetrige oder Untersalpetersäure.

3. Wirft man ein salpetersaures Salz auf *glühende Kohlen* oder bringt man Kohle oder einen organischen Körper, z. B. Papier, zu einem schmelzenden salpetersauren Salz, so entsteht eine Verpuffung, das heisst, die Kohle verbrennt auf Kosten des Sauerstoffs der Salpetersäure mit lebhaftem Funkensprühen.

4. Mischt man ein salpetersaures Salz mit gepulvertem *Cyankalium* und erhitzt eine kleine Quantität des Gemenges auf Platinblech, so entsteht eine lebhafte, mit deutlicher Feuererscheinung und Knall verbundene Verpuffung. Diese Reaction lässt selbst sehr kleine Mengen salpetersaurer Salze erkennen.

5. Mengt man ein salpetersaures Salz mit *Kupferfeile* und erwärmt das Gemenge in einem Proberöhrchen mit concentrirter Schwefelsäure, so färbt sich die Luft in dem Röhrchen gelbroth, indem sich das bei der Oxydation des Kupfers durch die Salpetersäure frei werdende Stickoxydgas mit dem Sauerstoff der Atmosphäre zu Untersalpetersäure vereinigt. Die Färbung ist am deutlichsten wahrnehmbar, wenn man der Länge nach durch das Röhrchen sieht.

6. Versetzt man die Auflösung eines salpetersauren Salzes mit dem

gleichen Volumen concentrirter, von Salpetersäure und Untersalpetersäure freier *Schwefelsäure*, lässt erkalten und giesst alsdann eine concentrirte Lösung von *Eisenvitriol* darauf, so dass sich die Flüssigkeiten nicht mischen, so färbt sich die Berührungsschicht zuerst purpurfarben, später braun oder bei sehr kleinen Mengen von Salpetersäure röthlich. Mischt man die Flüssigkeiten, so entsteht eine bräunlich purpurrothe klare Flüssigkeit. — Die Salpetersäure wird nämlich von dem Eisenoxydul zersetzt, drei Fünftheile ihres Sauerstoffs treten zu dem Oxydul und verwandeln einen Theil desselben in Oxyd, das übrig bleibende Stickoxyd vereinigt sich mit dem noch nicht höher oxydirten Eisenoxydulsalz zu einer eigenthümlichen Verbindung, welche sich in Wasser mit braunschwarzer Farbe löst. — Bei Anwesenheit von seleniger Säure tritt eine ähnliche Reaction ein, mischt man aber die Flüssigkeit und lässt sie stehen, so scheidet sich rothes Selen daraus ab (Wittstock).

7. Kocht man in einem Proberöhrchen etwas Salzsäure, fügt einen oder zwei Tropfen ganz verdünnte *schwefelsaure Indigolösung* zu und kocht nochmals, so bleibt die Flüssigkeit (sofern die Salzsäure chlorfrei war) blau. Setzt man jetzt zu der schwach hellblauen Lösung ein salpetersaures Salz, fest oder gelöst, und erhitzt wiederum zum Kochen, so entfärbt sich die Flüssigkeit durch Zerstörung des Indigblaues. — Höchst empfindliche Reaction. Man beachte jedoch, dass andere Oxydationsmittel, namentlich freies Chlor, ebenfalls Entfärbung bewirken.

8. Löst man etwas *Brucin* in reiner concentrirter Schwefelsäure und fügt ein wenig einer Salpetersäure enthaltenden Flüssigkeit zu, so färbt sich die Lösung sofort prächtig roth. Diese Reaction ist ungemein empfindlich. Das Hochroth geht bald in Gelbroth über. Chlorsäure gibt dieselbe Reaction.

9. Löst man 1 Thl. Phenylsäure (Phenol) in 4 Thln. concentrirter Schwefelsäure, fügt 2 Thle. Wasser hinzu und bringt einen oder zwei Tropfen dieser Flüssigkeit zu einem festen salpetersauren Salz (z. B. dem Abdampfungsrückstande von einigen Tropfen eines ein salpetersaures Salz enthaltenden Brunnenwassers), so tritt in Folge der Bildung einer Nitroverbindung des Phenols eine röthlich braune Färbung ein, welche bei Zusatz von einem oder zwei Tropfen concentrirten Ammons durch Bildung nitrophenylsauren Ammons gelb, zuweilen aber auch erst vorübergehend grün wird. Sehr empfindliche Reaction (H. Sprengel).

10. Sehr kleine Mengen Salpetersäure lassen sich auch in der Art nachweisen, dass man die Salpetersäure zunächst zu salpetriger Säure reducirt. Es kann dies auf nassem wie trocknem Wege geschehen; auf nassem, indem man die Lösung der Salpetersäure oder des salpetersauren Salzes mit feinzertheiltem Zink, am besten mit Zinkamalgam, einige Zeit erhitzt und dann abfiltrirt (Schönbein), — auf trocknem, indem man die zu prüfende Substanz mit reinem kohlensaurem Natron bei mässiger Hitze schmelzt, die erkaltete Masse mit Wasser auszieht und filtrirt.

Bringt man nun das eine oder andere Filtrat mit Jodkaliumstärkekleister und verdünnter reiner Schwefelsäure zusammen, so bläut sich die Flüssigkeit durch Jodamylum, vergl. §. 158, 1.

§. 160.

b. Chlorsäure (ClO_5).

1. Die Chlorsäure ist in ihrer möglichst concentrirten Lösung eine farblose oder schwach gelbliche, ölartige Flüssigkeit von schwachem, dem der Salpetersäure ähnlichen Geruche. Sie röthet Lackmus und bleicht es sodann. Im verdünnten Zustande ist sie farb- und geruchlos.

2. Die chlorsauren Salze sind sämmtlich in Wasser löslich. Beim Glühen derselben entweicht ihr gesammter Sauerstoff, Chlormetalle bleiben zurück.

3. Mit *Kohle* oder einem organischen Körper erhitzt, verpuffen die chlorsauren Salze und zwar mit weit grösserer Heftigkeit als die salpetersauren.

4. Mengt man ein chlorsaures Salz mit *Cyankalium* und erhitzt das Gemenge auf Platinblech, so entsteht eine auch bei sehr kleinen Mengen mit starkem Knall und Feuererscheinung verbundene Verpuffung. Man mache den Versuch nur mit ganz kleinen Mengen.

5. Färbt man die Lösung eines chlorsauren Salzes mit etwas schwefelsaurer *Indigolösung* hellblau, fügt ein wenig verdünnte Schwefelsäure zu und tropft alsdann vorsichtig eine Auflösung von schwefligsaurem Natron ein, so verschwindet die Farbe des Indigos sogleich. — Die Ursache dieser eben so empfindlichen als charakteristischen Reaction ist die, dass die schweflige Säure der Chlorsäure Sauerstoff entzieht und somit Chlor oder eine niedrigere Oxydationsstufe desselben in Freiheit setzt, welche alsdann den Indigo entfärben.

6. Erwärmt man chlorsaure Salze mit mässig verdünnter *Salzsäure*, so setzen sich, am schnellsten beim Erwärmen, die Bestandtheile beider Säuren um, es bildet sich Wasser, Chlor und zweifach-chlorsaure chlorige Säure ($2\,ClO_5, ClO_3$). Das Proberöhrchen, in dem man den Versuch vornimmt, füllt sich dabei mit grüngelbem Gas von sehr unangenehmem, chlorähnlichem Geruch, die Salzsäure färbt sich grüngelb. Hat man die Salzsäure mit Indigolösung blau gefärbt, so wird, auch bei sehr geringen Mengen eines chlorsauren Salzes, das Indigblau sofort zerstört.

7. Bringt man in ein Uhrglas einige Tropfen *concentrirte Schwefelsäure* und fügt ein wenig chlorsaures Salz hinzu, so werden zwei Drittel des Metalloxyds in schwefelsaures, ein Drittel in überchlorsaures Salz verwandelt; chlorsaure chlorige Säure wird frei und färbt die Schwefelsäure hochgelb. Ausserdem gibt sie sich auch durch ihren Geruch und die grünliche Farbe des Gases zu erkennen: $[3\,(KO, ClO_5) + 4\,(HO, SO_3) = 2\,(KO, HO, 2\,SO_3) + KO, ClO_7 + (ClO_5, ClO_3) + 2\,HO]$. Bei diesem Versuche muss Erwärmung vermieden und mit kleinen Mengen

operirt werden, sonst erfolgt die Zersetzung leicht mit solcher Heftigkeit, dass eine Explosion entsteht.

8. Zu in concentrirter Schwefelsäure aufgelöstem Brucin verhält sich Chlorsäure wie Salpetersäure (Luck), vergl. §. 159. 8.

§. 161.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Von den Reactionen, welche zur Erkennung der Salpetersäure angegeben worden sind, geben die mit Eisenvitriol und Schwefelsäure, die mit Kupferfeile und Schwefelsäure, die mit Phenol und auch die auf der Ueberführung in salpetrigsaures Salz beruhenden die sichersten Resultate; denn Verpuffung mit Kohle, Detonation mit Cyankalium, Entfärbung der Indigolösung, Rothfärbung der Auflösung von Brucin in Schwefelsäure erfolgt ja, wie angegeben worden, auch bei Anwesenheit von chlorsauren Verbindungen. Es haben diese letzteren Reactionen daher nur dann Werth, wenn keine Chlorsäure zugegen ist. Freie Salpetersäure erkennt man in einer Flüssigkeit, indem man sie in einem Porzellanschälchen im Wasserbade zur Trockne verdampft, nachdem man einige Federkielspäne hineingeworfen hat. Gelbfärbung derselben zeigt die Salpetersäure an (Runge). — Von der Gegenwart oder Abwesenheit der Chlorsäure überzeugt man sich, wenn andere Sauerstoffverbindungen des Chlors nicht vorhanden sind, am sichersten, wenn man die Probe unter Zusatz von kohlensaurem Natron glüht und ihre Lösung alsdann mit salpetersaurem Silberoxyd prüft. War ein chlorsaures Salz zugegen, so ist es beim Glühen zu Chlormetall geworden, und man erhält jetzt einen Niederschlag von Chlorsilber. Diese Prüfung ist jedoch nur dann so einfach, wenn gleichzeitig kein Chlormetall zugegen ist. Ist dies der Fall, so muss salpetersaures Silberoxyd, so lange noch ein Niederschlag entsteht, zugesetzt und erst, nachdem dieser abfiltrirt ist, unter Zusatz reinen kohlensauren Natrons abgedampft und geglüht werden. In der Regel ist es jedoch nicht nothwendig, diesen umständlichen Weg einzuschlagen, indem schon die Reactionen mit concentrirter Schwefelsäure, sowie mit Indigo und schwefliger Säure, die Gegenwart der Chlorsäure mit völliger Sicherheit und zwar auch dann darthun lassen, wenn salpetersaure Salze zugegen sind. — Soll Salpetersäure neben einer grösseren Menge von Chlorsäure nachgewiesen werden, so versetzt man mit kohlensaurem Natron im Ueberschuss, verdampft wenn nöthig, glüht den Rückstand mässig aber hinlänglich lange, so dass das chlorsaure Salz in Chlormetall übergeht, und prüft alsdann den Rückstand auf Salpetersäure, beziehungsweise salpetrige Säure.

§. 162.

Ueberchlorsäure (ClO_7). Die wasserfreie, reine Säure ist eine farblose, bewegliche Flüssigkeit, auf Holzkohle getropft heftig explodirend, an der Luft

dicke weisse Dämpfe bildend (Roscoe). Das Hydrat krystallisirt in Nadeln, die concentrirte wässerige Lösung ist schwer, ölig. Die verdünnte Lösung, destillirt, liefert erst Wasser, dann verdünnte, zuletzt concentrirte Säure. Alle überchlorsauren Salze sind in Wasser löslich, die meisten sind leicht löslich, alle werden beim Glühen zersetzt; die mit alkalischer Basis hinterlassen Chlormetalle unter Entwickelung von Sauerstoff. *Kalisalze* bewirken in nicht zu verdünnten Lösungen einen weissen, krystallinischen, in Wasser schwer, in Weingeist nicht löslichen Niederschlag von überchlorsaurem Kali (KO, ClO_7), *Baryt-* und *Silbersalze* werden nicht gefällt. Concentrirte Schwefelsäure zerlegt Ueberchlorsäure in der Kälte nicht, beim Erhitzen schwierig (Unterschied von Chlorsäure). Salzsäure, Salpetersäure und schweflige Säure zersetzen eine wässerige Lösung von Ueberchlorsäure oder überchlorsaurem Salz nicht, zuvor zugefügte Indigotinctur wird daher auch nicht entfärbt (Unterschied von allen übrigen Säuren des Chlors).

II. Organische Säuren.

Erste Gruppe.

Die Hydrate der Säuren der ersten Gruppe zerlegen sich beim Erhitzen ganz oder theilweise*), die Säuren werden beim Kochen mit concentrirter Salpetersäure zersetzt**), ihre Kalksalze sind in Wasser unlöslich oder schwer löslich, die Lösungen ihrer neutralen Alkalisalze werden durch Eisenchlorid nicht gefällt: Oxalsäure, Weinsteinsäure, (Traubensäure), Citronensäure, Aepfelsäure.

§. 163.

a. Oxalsäure.

Ihre Reactionen sind schon oben §. 145 angegeben worden.

b. Weinsteinsäure ($2\,HO, C_8H_4O_{10}$).

1. Das Weinsteinsäurehydrat stellt farblose, luftbeständige, angenehm sauer schmeckende, in Wasser und Weingeist lösliche Krystalle dar. Beim Erhitzen auf 100° C. verliert es kein Wasser, bei 170° C. schmilzt es, bei höherer Temperatur verkohlt es unter Verbreitung eines ganz eigenthümlichen, höchst charakteristischen Geruches, welcher dem des gebrannten Zuckers ähnlich ist. Die wässerige Lösung der Weinsteinsäure, sowie auch die fast aller weinsteinsauren Salze, lenkt die Polarisationsebene des Lichts zur Rechten ab. — Beim Erhitzen mit Salpetersäure zerfällt die Weinsteinsäure in Oxalsäure, Essigsäure und Zuckersäure.

2. Von den weinsteinsauren Salzen lösen sich die mit alkalischer Basis, sowie die, welche Metalloxyde der dritten und vierten Gruppe

---

*) Oxalsäurehydrat, vorsichtig erhitzt, sublimirt zum Theil unzersetzt.

**) Die Zersetzung der Oxalsäure durch kochende Salpetersäure in Kohlensäure und Wasser erfolgt nur langsam.

enthalten, in Wasser. Im Wasserbade zur Syrupdicke eingedampft, scheidet die Lösung des weinsteinsauren Eisenoxyds pulverförmiges basisches Salz ab. Alle in Wasser nicht löslichen Salze werden von Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure aufgenommen. Beim Glühen werden die weinsteinsauren Salze unter Abscheidung von Kohle zerlegt und verbreiten dabei denselben Geruch wie die freie Säure.

3. Setzt man zu einer Auflösung von Weinsteinsäure oder zu der eines weinsteinsauren Alkalis eine nicht zu grosse Menge *Eisenoxyd-* oder *Thonerde*-Lösung und dann Ammon oder Kali, so tritt keine Fällung von Eisenoxyd oder Thonerde ein, da die gebildeten weinsteinsauren Doppelsalze von Alkalien keine Zersetzung erleiden. Auch die Fällung mehrerer anderer Oxyde durch Alkalien wird von Weinsteinsäure verhindert.

4. Freie Weinsteinsäure gibt, mit einem *Kalisalz*, am besten mit essigsaurem Kali, vermischt, einen schwer löslichen Niederschlag von saurem weinsteinsaurem Kali. Dasselbe findet statt, wenn man zu einem in Wasser gelösten neutralen weinsteinsauren Salz essigsaures Kali und freie Essigsäure setzt. Das saure weinsteinsaure Kali löst sich leicht in Alkalien und Mineralsäuren; Weinsteinsäure und Essigsäure befördern seine Löslichkeit in Wasser nicht. Die Abscheidung des Weinsteinniederschlages wird durch Umschütteln oder Reiben der Gefässwände ausserordentlich befördert. Soll die Reaction empfindlich sein, so concentrire man die Weinsteinsäurelösung stark. Zusatz eines gleichen Volums Alkohol steigert die Empfindlichkeit. — Bei Anwesenheit von Borsäure tritt die Reaction nur ein, wenn man statt essigsauren Kalis Fluorkalium nimmt, hierdurch Fluorborkalium erzeugt und so der Bildung der leicht löslichen Verbindung von Borsäure, Weinsteinsäure und Kali vorbeugt (Barfoed).

5. *Chlorcalcium*, im Ueberschuss*) zugesetzt, fällt aus der Lösung neutraler weinsteinsaurer Salze weinsteinsauren Kalk ($2\,CaO, C_8H_4O_{10} + 8$ aq.) als weissen Niederschlag. Bei Gegenwart von Ammonsalzen entsteht er erst nach einiger (oft erst nach längerer) Zeit; Schütteln oder Reiben der Gefässwände beschleunigt seine Abscheidung. Der Niederschlag ist oder wird wenigstens immer nach einiger Zeit krystallinisch, er löst sich in kalter, von Kohlensäure ziemlich freier und nicht zu verdünnter Kali- oder Natronlauge zur klaren Flüssigkeit auf. Wird dieselbe aber gekocht, so scheidet sich der gelöste weinsteinsaure Kalk in Gestalt eines gelatinösen Niederschlages aus. Beim Erkalten wird die Lösung wieder klar.

6. *Kalkwasser*, im Ueberschuss*) zugesetzt, erzeugt in den Lösun-

*) Weinsteinsaures Kali oder Natron löst weinsteinsauren Kalk (auch andere in Wasser unlösliche Salze, z. B. phosphorsauren Kalk, schwefelsauren Baryt etc.); es können daher die auf Ausscheidung weinsteinsauren Kalks beruhenden Reactionen erst nach der vollständigen Zersetzung der weinsteinsauren Alkalien eintreten.

gen neutraler weinsteinsaurer Salze, oder auch in der Lösung freier Weinsteinsäure, wenn es bis zur alkalischen Reaction zugesetzt wird, weisse, anfangs flockige, später krystallinisch werdende Niederschläge, welche, so lange sie noch flockig sind, sowohl von Weinsteinsäure, als auch von Salmiaklösung leicht und schnell aufgenommen werden. Aus diesen Lösungen scheidet sich der weinsteinsaure Kalk nach mehreren Stunden wieder in Form kleiner Krystalle an den Wänden des Gefässes ab.

7. *Gypslösung*, im Ueberschuss*) zugesetzt, erzeugt in einer Auflösung von Weinsteinsäure keinen Niederschlag, in der eines neutralen weinsteinsauren Alkalis nach längerer Zeit einen geringen.

8. Uebergiesst man eine, wenn auch sehr geringe, Menge von weinsteinsaurem Kalk mit Ammon, fügt ein kleines Stückchen krystallisirtes *salpetersaures Silberoxyd* hinzu und erhitzt langsam und allmählich, so überziehen sich die Wände des Röhrchens mit einem spiegelnden Ueberzug von metallischem Silber. Bei rascherem Erhitzen oder bei Anwendung von gelöstem salpetersaurem Silberoxyd scheidet sich das reducirte Silber pulverig aus (Arthur Casselmann).

9. *Essigsaures Bleioxyd* fällt die Auflösung der Weinsteinsäure und ihrer Salze weiss. Der ausgewaschene Niederschlag ($2\,PbO, C_8H_4O_{10}$) löst sich leicht in Salpetersäure und in kohlensäurefreiem Ammon.

10. *Salpetersaures Silberoxyd* fällt die freie Säure nicht, die neutralen Salze weiss. Der Niederschlag ($2\,AgO, C_8H_4O_{10}$) löst sich leicht in Salpetersäure und in Ammon; beim Kochen wird er durch reducirtes Silber sofort schwarz.

11. Erhitzt man Weinsteinsäurehydrat oder ein weinsteinsaures Salz mit *Schwefelsäurehydrat*, so tritt fast gleichzeitig mit der Gasentwickelung Bräunung der Schwefelsäure ein.

§. 164.

c. Citronensäure ($3\,HO, C_{12}H_5O_{11}$).

1. Die krystallisirte Citronensäure, wie sie durch Abkühlung ihrer Lösung erhalten wird, hat die Formel: $3\,HO, C_{12}H_5O_{11} + 2$ aq. Sie krystallisirt in farb- und geruchlosen, angenehm und stark sauer schmeckenden, wasserhellen Krystallen, löst sich mit Leichtigkeit in Wasser und Weingeist, verwittert langsam an der Luft, verliert bei 100° C. ihr Krystallwasser, bei stärkerem Erhitzen schmilzt sie und verkohlt dann unter Ausstossung stechender, saurer Dämpfe, deren Geruch von dem der verkohlenden Weinsteinsäure leicht zu unterscheiden ist. — Beim Erhitzen mit wenig Salpetersäure liefert die Citronensäure Oxalsäure und Essigsäure, beim Erhitzen mit viel Salpetersäure nur Essigsäure.

2. Die citronensauren Salze mit alkalischer Basis sind sowohl im neutralen, als auch im sauren Zustande in Wasser leicht löslich; es

*) Vergleiche die Anmerkung auf Seite 253.

wird daher Citronensäurelösung durch essigsaures Kali nicht gefällt. Auch die Verbindungen der Citronensäure mit den Metalloxyden, welche schwache Basen sind, z. B. mit Eisenoxyd, lösen sich leicht in Wasser. Im Wasserbade zur Syrupdicke abgedampft, scheidet die Lösung des citronensauren Eisenoxyds kein festes Salz ab. Die citronensauren Salze verhindern, ebenso und aus demselben Grunde wie die weinsteinsauren, die Fällung des Eisenoxyds, der Thonerde u. s. w. durch Alkalien.

3. *Chlorcalcium* bewirkt in der Lösung der Citronensäure weder so, noch beim Kochen einen Niederschlag. Sättigt man aber die concentrirte und mit übersehüssigem*) Chlorcalcium versetzte Lösung der Citronensäure mit Kali oder Natron, so entsteht sogleich ein Niederschlag von neutralem citronensaurem Kalk ($3\,CaO, C_{12}H_5O_{11} + 4$ aq.), der in Kali unlöslich ist, von Salmiaklösung aber leicht aufgenommen wird. Wird diese Salmiak enthaltende Lösung gekocht, so scheidet sich citronensaurer Kalk von derselben Zusammensetzung als weisser, krystallinischer, nunmehr aber in Salmiak nicht mehr löslicher Niederschlag ab. — Sättigt man eine mit überschüssigem*) Chlorcalcium vermischte Citronensäurelösung mit Ammon, so entsteht in der Kälte erst nach vielstündigem Stehen ein Niederschlag. Kocht man aber die klare Flüssigkeit, so scheidet sich plötzlich citronensaurer Kalk mit den eben angeführten Eigenschaften ab. — Erhitzt man citronensauren Kalk mit Ammon und salpetersaurem Silberoxyd, so erfolgt keine oder nur eine geringe Reduction des Silbersalzes.

4. *Kalkwasser* im Ueberschuss*) zugesetzt, bewirkt in der Lösung der Citronensäure oder eines citronensauren Salzes in der Kälte keinen Niederschlag. Erhitzt man aber die Lösung mit einem ziemlichen Ueberschuss von heiss bereitetem Kalkwasser andauernd zum Kochen, so entsteht ein weisser Niederschlag von citronensaurem Kalk, der beim Erkalten wieder grösstentheils verschwindet.

5. *Essigsaurer Baryt* fällt, wenn er im Uebersehuss zu der Lösung citronensaurer Alkalien gesetzt wird, in der Wärme wie in der Kälte einen amorphen Niederschlag von der Formel $3\,BaO, C_{12}H_5O_{11} + 7$ aq. — Derselbe Niederschlag entsteht auch, wenn man Citronensäure mit übersehüssigem Barytwasser versetzt. — In verdünnten Lösungen entsteht der Niederschlag nicht, weil er in Wasser nicht unlöslich ist, erhitzt man aber solche, so scheidet sich zunächst ein amorpher Niederschlag aus, der bald in ein aus mikroskopischen nadelförmigen Kryställchen bestehendes Salz von der Formel $3\,BaO, C_{12}H_5O_{11} + 5$ aq. übergeht. — Erhitzt man dieses oder das amorphe Salz mit übersehüssiger Lösung von essigsaurem Baryt auf dem Wasserbade etwa 2 Stunden hindurch, so bildet

*) Citronensaure Alkalien sind für viele in Wasser unlösliche Verbindungen (schwefelsauren Baryt, phosphorsauren und oxalsauren Kalk etc.) wirksame Lösungsmittel, daher gelingen die in 3. und 4. genannten, auf Ausscheidung citronensauren Kalks beruhenden Reactionen nur, wenn man so viel Chlorcalcium oder Kalk zufügt, dass alles anwesende citronensaure Alkali zersetzt wird.

sich ein anderes sehr charakteristisches Salz. Es besteht dieses aus sehr gut ausgebildeten klinorhombischen Säulchen und hat die Formel $2\,(3\,BaO, C_{12}H_5O_{11}) + 7$ aq. — Bei starker Verdünnung bildet sich das Salz erst nach dem Einengen. — Sehr sichere Reaction auf Citronensäure (H. Kämmerer). — Nach den hier gemachten Erfahrungen wird der Uebergang in das charakteristische Salz durch Zusatz eines Tropfens Essigsäure sehr befördert.

6. Setzt man zu einer Lösung von Citronensäure *essigsaures Bleioxyd* im Ueberschuss, so entsteht ein weisser amorpher Niederschlag von citronensaurem Bleioxyd, der sich — nach dem Auswaschen — in kohlensäurefreiem Ammon leicht löst. Bei mehrstündiger Digestion mit Wasser oder Essigsäure auf dem Wasserbade wird der Niederschlag krystallinisch und ist dann $3\,PbO, C_{12}H_5O_{11} + 3$ aq. — Gut ausgebildete Kryställchen zeigt das Mikroskop nicht.

7. *Salpetersaures Silberoxyd* fällt aus den Lösungen neutraler citronensaurer Alkalien citronensaures Silberoxyd ($3\,AgO, C_{12}H_5O_{11}$) als weissen, flockigen Niederschlag. Kocht man grössere Mengen desselben mit nur wenig Wasser, so tritt allmählich Zersetzung unter Ausscheidung von Silber ein.

8. Erhitzt man Citronensäure oder eines ihrer Salze mit concentrirter *Schwefelsäure*, so entweicht am Anfange Kohlenoxydgas und Kohlensäure ohne gleichzeitige Schwärzung der Schwefelsäure; nach längerem Kochen jedoch wird die Lösung dunkel und es entweicht schweflige Säure.

§. 165.

d. Aepfelsäure ($2\,HO, C_8H_4O_8$).

1. Das Aepfelsäurehydrat krystallisirt schwierig in krystallinischen Krusten, welche an der Luft zerfliessen und von Wasser und Alkohol leicht aufgenommen werden. — Beim Erhitzen auf 150° C. geht das Aepfelsäurehydrat unter Abgabe von 2 Aeq. Wasser langsam in Fumarsäurehydrat ($2\,HO, C_8H_2O_6$) über; beim Erhitzen auf 180° C. zerfällt es in Wasser, sich verflüchtigende Maleinsäure ($2\,HO, C_8H_2O_6$) und zurückbleibende Fumarsäure ($2\,HO, C_8H_2O_6$); steigt endlich die Temperatur über 200° C., so verflüchtigt sich auch die Fumarsäure. Dieses Verhalten ist höchst charakteristisch. Nimmt man das Erhitzen in einem Löffelchen vor, so entwickeln sich unter Aufschäumen stechend saure Dämpfe; nimmt man es in einem Röhrchen vor, so verdichtet sich erst die Maleinsäure, später auch die Fumarsäure im kälteren Theile zu Krystallen. — Beim Erhitzen mit Salpetersäure liefert die Aepfelsäure unter Kohlensäureentwickelung leicht Oxalsäure.

2. Die Aepfelsäure bildet mit den meisten Basen in Wasser lösliche Salze. Das saure äpfelsaure Kali ist in Wasser nicht schwer löslich, es wird daher Aepfelsäurelösung durch essigsaures Kali nicht gefällt. Die

Aepfelsäure verhindert, wie die Weinsteinsäure, die Fällung des Eisenoxyds u. s. w. durch Alkalien.

3. *Chlorcalcium*, im Ueberschuss zugesetzt, bewirkt in der Lösung der freien Aepfelsäure keinen Niederschlag. Auch nach dem Sättigen mit Ammon oder Natron entsteht kein solcher. Kocht man aber, so scheidet er sich, wenn die Lösung ganz concentrirt ist, aus. Löst man den niedergefallenen äpfelsauren Kalk ($2\,CaO,\,C_8H_4O_8 + 6$ aq.) in ganz wenig Salzsäure, setzt Ammon zu und kocht, so scheidet er sich wieder aus; löst man ihn aber in etwas mehr Salzsäure, so scheidet er sich, nach Zusatz von überschüssigem Ammon, auch bei längerem Kochen nicht aus. Setzt man aber 1 — 2 Vol. Weingeist zu, so scheidet sich der äpfelsaure Kalk in weissen Flocken aus. Erhitzt man die Flüssigkeit zuvor fast zum Sieden und setzt heissen Weingeist zu, so setzt sich der Niederschlag in Gestalt weicher, an den Glaswandungen anhaftender Klümpchen ab, die beim Erkalten erhärten und dann durch Druck in ein krystallinisches Pulver zerbröckeln (Barfoed). Mit Ammon und salpetersaurem Silberoxyd erhitzt, bewirkt der äpfelsaure Kalk keine oder fast keine Abscheidung von Silber.

4. *Kalkwasser* schlägt weder die freie, noch die gebundene Aepfelsäure nieder. Auch beim Kochen bleibt die Flüssigkeit, sofern das Kalkwasser mit siedendem Wasser bereitet war, vollkommen klar.

5. *Essigsaures Bleioxyd* fällt aus der Lösung der Aepfelsäure und der äpfelsauren Salze äpfelsaures Bleioxyd ($2\,PbO,\,C_8H_4O_8 + 6$ aq.) als weissen Niederschlag. Die Fällung ist am vollständigsten, wenn man die Flüssigkeit durch Ammon neutral macht, indem der Niederschlag in freier Aepfelsäure und Essigsäure, wie auch in Ammon etwas löslich ist. Erhitzt man die Flüssigkeit, in welcher der Niederschlag suspendirt ist, zum Kochen, so löst sich ein Theil, der Rest schmilzt und gleicht alsdann unter Wasser geschmolzenem Harz. Gilt es, die Reactionen mit kleinen Mengen hervorzurufen, so erwärmt man erst schwach, bis sich der Niederschlag zusammengezogen hat, giesst dann den grössten Theil der Flüssigkeit ab und erhitzt den Rest derselben mit dem Niederschlage bis zum Sieden. Diese Reaction ist nur dann deutlich, wenn man das äpfelsaure Bleioxyd ziemlich rein hat; ist es mit anderen Bleisalzen gemengt, setzt man z. B. Ammon zu, bis die Flüssigkeit alkalisch ist, so tritt sie nicht oder nur unvollkommen ein.

6. *Salpetersaures Silberoxyd* fällt aus den Lösungen neutraler äpfelsaurer Alkalien äpfelsaures Silberoxyd als weissen, bei längerem Stehen oder beim Kochen ein wenig grau werdenden Niederschlag.

7. Versetzt man die Auflösung freier Aepfelsäure in der Wärme mit reiner oder kohlensaurer Magnesia, bis sie nicht mehr sauer ist, filtrirt, concentrirt durch Abdampfen und versetzt die heisse Lösung mit heissem Weingeist, so scheidet sich äpfelsaure Magnesia ($2\,MgO,C_8H_4O_8$) als zähe, klebrige, gummiartige Masse an den Glaswandungen ab. Beim

Erkalten wird sie hart. Von Citronensäure lässt sich die Aepfelsäure durch diese Reaction nicht unterscheiden (Barfoed).

8. Wird Aepfelsäure mit concentrirter *Schwefelsäure* erhitzt, so entwickelt sich anfangs Kohlensäure und Kohlenoxydgas, dann wird die Flüssigkeit braun und schwarz, unter Entwickelung von schwefliger Säure.

---

§. 166.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Von den abgehandelten organischen Säuren ist die Oxalsäure dadurch charakterisirt, dass ihr Kalksalz aus seiner Lösung in Salzsäure sofort durch Ammon und auch durch essigsaures Natron gefällt wird, sowie dadurch, dass Gypslösung die freie Säure sogleich fällt. Die Weinsteinsäure zeichnet sich durch die Schwerlöslichkeit ihres sauren Kalisalzes, die Löslichkeit ihres Kalksalzes in kalter Natron- und Kalilauge, das Verhalten desselben zu Ammon und salpetersaurem Silberoxyd und den Geruch aus, den sie und ihre Salze beim Erhitzen verbreiten. Man entdeckt sie neben den anderen Säuren stets am sichersten mit Hülfe von essigsaurem Kali, beziehungsweise Fluorkalium (§. 163. 4.). Ueber die Unterscheidung der Weinsteinsäure von den anderen organischen Säuren durch Kobaltihexaminchlorid (nach C. D. Braun) vergl. Zeitschr. f. analyt. Chem. 7. 349. — Die Citronensäure wird in der Regel durch ihr Verhalten zu Kalkwasser oder zu Chlorcalcium und Ammon bei Gegenwart von Salmiak erkannt, doch wird dabei stets die Abwesenheit oder die vorherige Abscheidung von Oxalsäure und Weinsteinsäure, sowie die Anwendung eines genügenden Ueberschusses von Kalkwasser oder Chlorcalcium vorausgesetzt. Zu sehr guter und sicherer Erkennung derselben dient ferner die mikroskopische Betrachtung des Barytsalzes (§. 164. 5.). — Die Aepfelsäure wäre durch das Verhalten ihres Bleisalzes beim Erhitzen unter Wasser ganz gut gekennzeichnet, hätte diese Reaction grössere Empfindlichkeit und würde sie nicht so leicht durch die Anwesenheit anderer Säuren verhindert. Das sicherste Mittel, die Aepfelsäure zu erkennen, ist, sie durch Erhitzen in einer Glasröhre in Maleïnsäure und Fumarsäure zu verwandeln; doch ist es hierzu erforderlich, reines Säurehydrat zu haben. Von der Citronensäure und Weinsteinsäure unterscheidet sich die Aepfelsäure auch dadurch, dass ihr Bleisalz in Ammon schwer löslich ist, während sich citronensaures und weinsteinsaures Bleioxyd in kohlensäurefreiem Ammon mit grösster Leichtigkeit lösen. — Ist von den vier besprochenen Säuren nur eine in Lösung, so kann sie mit Kalkwasser leicht gefunden werden, denn Aepfelsäure wird gar nicht, Citronensäure erst beim Kochen, Weinsteinsäure und Oxalsäure schon in der Kälte gefällt; der durch Weinsteinsäure erzeugte Niederschlag löst sich bei Zusatz von Salmiak, der oxalsaure Kalk dagegen nicht. — Sind die vier Säuren zusammen in Lösung, so

fällt man in der Regel erst durch überschüssiges Chlorcalcium und Ammon bei Gegenwart von Salmiak Oxalsäure und Weinsteinsäure. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass unter diesen Umständen der weinsteinsaure Kalk erst nach längerer Zeit einigermaassen vollständig niederfällt (er lässt sich von oxalsaurem durch Behandeln mit Natronlauge trennen), sowie dass citronensaures Alkali, wenn es in einiger Menge zugegen ist, die vollständige Ausfällung der Oxalsäure und noch mehr die der Weinsteinsäure verhindert. — Fügt man zu dem Filtrat vorsichtig Weingeist in nur mässiger Menge, so schlägt sich der citronensaure Kalk (und mit ihm die Reste des oxalsauren und weinsteinsauren Kalkes) nieder. Filtrirt man und versetzt das Filtrat mit mehr Weingeist, so erhält man den äpfelsauren Kalk. Aus diesem stellt man dann das Säurehydrat dar, indem man den Kalkniederschlag in Essigsäure löst, Weingeist zufügt und, wenn nöthig, filtrirt. Das Filtrat fällt man mit essigsaurem Bleioxyd, neutralisirt mit Ammon, wäscht den Niederschlag aus, rührt ihn in Wasser, zerlegt durch Schwefelwasserstoff und verdampft das Filtrat zur Trockne. — Eine andere, bessere Methode zur Nachweisung der Aepfelsäure neben den drei anderen Säuren besteht darin, dass man die Säuren an Ammon bindet, die Lösung stark concentrirt, die noch warme mit Ammon neutralisirt (denn während des Abdampfens haben sich saure Salze gebildet) und 8 Vol. starken Alkohol (von 98 Proc.) zusetzt. Nach 12 bis 24 Stunden filtrirt man die Lösung des äpfelsauren Ammons von dem ausgeschiedenen oxalsauren, weinsteinsauren und citronensauren Ammon ab, fällt die Aepfelsäure mit essigsaurem Bleioxyd und prüft dieses und das daraus dargestellte Säurehydrat weiter (Barfoed). — Soll wenig Citronen- oder Aepfelsäure neben viel Weinsteinsäure erkannt werden, so fälle man zunächst diese mit essigsaurem Kali unter Zusatz eines gleichen Volumens starken Alkohols. Im Filtrate lassen sich alsdann die anderen Säuren durch überschüssiges Chlorcalcium und Ammon vollständig niederschlagen, wenn man die Weingeistmenge noch etwas vermehrt.

§. 167.

Traubensäure ($2\,HO,\ C_8H_4O_{10}$).

Die krystallisirte Traubensäure ist $2\,HO,\ C_8H_4O_{10} + 2$ aq. Das Krystallwasser entweicht an der Luft langsam, bei 100° C. rasch (Unterschied von Weinsteinsäure). Zu Lösungsmitteln verhält sich die Traubensäure wie die Weinsteinsäure. — Die traubensauren Salze zeigen ebenfalls ein dem der weinsteinsauren sehr ähnliches Verhalten. In Wassergehalt, Form und Löslichkeit weichen jedoch manche von den entsprechenden weinsteinsauren Salzen ab. Die wässerigen Lösungen der Traubensäure und ihrer Salze üben keine ablenkende Wirkung auf das polarisirte Licht. *Chlorcalcium* fällt aus den Lösungen der freien Säure wie ihrer Salze traubensauren Kalk ($2\,CaO,\ C_8H_4O_{10} + 8$ aq.) als weisses krystallinisches Pulver. Der Niederschlag wird aus seiner Lösung in Salzsäure durch Ammon sogleich oder doch sehr bald niedergeschlagen (Unterschied von Weinsteinsäure). Er löst sich

in Kali- und Natronlauge und fällt beim Kochen nieder (Unterschied von Oxalsäure). *Kalkwasser* im Ueberschuss erzeugt sogleich einen weissen Niederschlag, der sich nicht in Salmiak löst (Unterschied von Weinsteinsäure). — *Gypslösung* bringt in einer Auflösung von Traubensäure sogleich keinen Niederschlag hervor (Unterschied von Oxalsäure), nach 10 bis 15 Minuten scheidet sich jedoch traubensaurer Kalk aus (Unterschied von Weinsteinsäure); in Auflösungen neutraler Salze entsteht der Niederschlag sogleich. — Zu *Kalisalzen* verhält sich die Traubensäure wie die Weinsteinsäure. Lässt man traubensaures Natron-Kali oder Natron-Ammon krystallisiren, so erhält man zwei Arten von Krystallen, welche sich wie Bild und Spiegelbild gleichen. Die einen enthalten gewöhnliche (rechts drehende) Weinsteinsäure, die anderen Antiweinsteinsäure, d. h. eine Säure, welche ganz mit der Weinsteinsäure übereinkommt, aber das polarisirte Licht links dreht. Löst man die zwei Arten von Krystallen wieder zusammen auf, so zeigt die Lösung wieder die Reactionen der Traubensäure.

Zweite Gruppe der organischen Säuren.

Die Hydrate der Säuren der zweiten Gruppe sind unverändert sublimirbar, sie werden beim Erhitzen mit Salpetersäure entweder nicht zersetzt (Bernsteinsäure), oder nur in Nitrosäure verwandelt (Benzoësäure). Die Kalksalze sind in Wasser leicht löslich (Benzoësäure) oder schwer löslich (Bernsteinsäure), die Lösungen der neutralen Alkalisalze werden durch Eisenchlorid gefällt: Bernsteinsäure, Benzoësäure.

§. 168.

a. Bernsteinsäure ($2\,HO, C_8H_4O_6$).

1. Das Bernsteinsäurehydrat krystallisirt in farb- und geruchlosen, säulenförmigen oder auch tafelförmigen Krystallen (rhombischen Prismen oder rhomboïdischen Tafeln). Es löst sich in Wasser und Weingeist leicht, in Aether wenig, in Salpetersäure schwer, ist — wenn rein — geruchlos, von schwach saurem Geschmack und unter Zurücklassung von wenig Kohle flüchtig. Die officinelle, nach brenzlichem Oel riechende Säure hinterlässt einen etwas stärkeren kohligen Rückstand. Die Bernsteinsäure wird nicht zersetzt, wenn man sie mit Salpetersäure erhitzt, daher man sie durch halbstündiges Kochen damit, wobei etwa vorhandenes Bernsteinöl zerstört wird, leicht rein erhalten kann. Beim Sublimiren erhält man seideglänzende Nadeln. Das Hydrat verliert dabei Wasser, so dass man nach mehrmaliger Sublimation zuletzt wasserfreie Säure erhält. An der Luft erhitzt, verbrennt die Bernsteinsäure mit blauer, nicht russender Flamme.

2. Die bernsteinsauren Salze werden beim Glühen zersetzt; die mit alkalischer oder alkalisch erdiger Base gehen dabei unter Kohleabscheidung in kohlensaure Verbindungen über. Von den bernsteinsauren Salzen sind die meisten in Wasser löslich. Das bernsteinsaure Natron lässt sich, weil es in starkem Alkohol wenig löslich ist und im neu-

tralen wie sauren Zustande gut krystallisirt, auch aus sehr unreinen Flüssigkeiten leicht rein erhalten und somit zur Aufsuchung und Abscheidung der Bernsteinsäure benutzen*). — Beim Erhitzen der bernsteinsauren Salze mit saurem schwefelsaurem Kali im Röhrchen sublimirt die Säure. — Aus den Salzen kann man ferner die Säure durch Zersetzen mit Schwefelsäure und Extraction mit absolutem Alkohol in der Wärme erhalten.

3. Versetzt man eine kalte, neutrale, mässig verdünnte Auflösung eines bernsteinsauren Alkalis mit *Chlorcalcium*, so entsteht kein Niederschlag; Alkohol bewirkt in der Lösung eine gelatinöse Fällung von bernsteinsaurem Kalk, die sich in Salmiaksolution leicht auflöst. Aus dieser Flüssigkeit schlägt mehr Alkohol den gelatinösen Niederschlag wieder nieder, — war sie aber sehr verdünnt, so entsteht anfangs keine Fällung, bald aber scheidet sich der bernsteinsaure Kalk ($2\,CaO, C_8H_4O_6 + 6\,aq.$) krystallinisch aus.

4. *Eisenchlorid* bewirkt in einer Auflösung von neutralem bernsteinsaurem Alkali einen bräunlich blassrothen, voluminösen Niederschlag von bernsteinsaurem Eisenoxyd ($Fe_2O_3, C_8H_4O_6$), während ein Drittel der Bernsteinsäure frei wird und einen Theil des Niederschlages in Lösung hält, wenn man warm abfiltrirt. Der Niederschlag löst sich leicht in Mineralsäuren, von Ammon wird er zersetzt, indem sich ein sehr basisches bernsteinsaures Eisenoxyd von minder voluminöser Beschaffenheit abscheidet, während der grösste Theil der Bernsteinsäure als bernsteinsaures Ammon gelöst wird.

5. *Essigsaures Bleioxyd* erzeugt, tropfenweise zur Auflösung freier Bernsteinsäure oder bernsteinsaurer Alkalien gesetzt, einen weissen amorphen Niederschlag, der sich in überschüssiger Bernsteinsäure, in bernsteinsaurem Alkali sowie in Bleizuckerlösung sofort wieder löst, bald aber aus diesen Lösungen krystallinisch niederfällt. Dieser Niederschlag, neutrales bernsteinsaures Bleioxyd ($2\,PbO, C_8H_4O_6$), löst sich in Wasser, Essigsäure, Bernsteinsäure und Bleizuckerlösung kaum, in Salpetersäure leicht, beim Behandeln mit Ammon geht er in ein basisches Salz ($6\,PbO, C_8H_4O_6$) über.

6. Versetzt man eine Mischung von *Weingeist*, *Ammon* und *Chlorbaryumlösung* mit freier oder gebundener Bernsteinsäure, so entsteht ein weisser Niederschlag von bernsteinsaurem Baryt ($2\,BaO, C_8H_4O_6$).

§. 169.

b. Benzoësäure ($HO, C_{14}H_5O_3$).

1. Das Benzoësäurehydrat stellt im reinen Zustande geruchlose, weisse Blättchen oder Nadeln, oder auch nur ein krystallinisches Pulver dar. Beim Erhitzen schmilzt es und verflüchtigt sich dann vollständig,

*) Vergl. Meissner und Jolly, Zeitschr. für analyt. Chem. 4. 502.

seine Dämpfe erzeugen ein ganz eigenthümliches Kratzen im Schlunde und reizen zum Husten; vorsichtig abgekühlt, verdichten sie sich zu glänzenden Nadeln. Entzündet brennen die Dämpfe der Säure mit leuchtender russender Flamme. Das gewöhnliche officinelle Benzoësäurehydrat riecht nach dem Benzoëharz und hinterlässt beim Erhitzen einen geringen kohligen Rückstand. Das Benzoësäurehydrat ist in kaltem Wasser sehr schwer löslich, von heissem Wasser und von Alkohol wird es ziemlich leicht aufgenommen. Eine gesättigte alkoholische Auflösung wird daher durch Wasser milchig getrübt.

2. Die benzoësauren Salze sind meistens in Wasser löslich, unlöslich sind nur diejenigen, welche schwache Basen, z. B. Eisenoxyd, enthalten. Die löslichen haben einen eigenthümlichen, reizenden Geschmack. Setzt man zu ihren concentrirten wässerigen Lösungen eine starke *Säure*, so wird die Benzoësäure in Freiheit gesetzt und scheidet sich als Hydrat, in Gestalt eines blendend weissen, schwer löslichen Pulvers ab. Auf gleiche Weise wird die Benzoësäure aus ihren unlöslichen Salzen abgeschieden, wenn man diesen stärkere Säuren zusetzt, welche mit den Basen, an die die Benzoësäure gebunden war, lösliche Salze bilden.

3. *Eisenchlorid* fällt die Lösung freier Benzoësäure unvollständig, die eines neutralen benzoësauren Alkalis vollständig. Der Niederschlag von benzoësaurem Eisenoxyd [$2\,Fe_2O_3$, $3\,(C_{14}H_5O_3) + 15$ aq.] ist voluminös, fleischfarben, in Wasser unlöslich, wird beim Behandeln mit Ammon in ähnlicher Weise zersetzt wie das bernsteinsaure Eisenoxyd, unterscheidet sich von letzterem dadurch, dass er sich in wenig Salzsäure unter Abscheidung des grössten Theiles der Benzoësäure löst.

4. *Essigsaures Bleioxyd* schlägt freie Benzoësäure nicht, benzoësaure Salze mit alkalischer Basis aber flockig nieder. Der Niederschlag löst sich nicht in benzoësaurem Natron, wohl aber in einem Ueberschuss der Bleilösung.

5. Bringt man zu einer Mischung von *Weingeist*, *Ammon* und *Chlorbaryumlösung* oder *Chlorcalciumlösung* freie oder an ein Alkali gebundene Benzoësäure, so entsteht kein Niederschlag.

---

§. 170.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die Bernstein- und Benzoësäure unterscheiden sich von einander durch die Farbe ihrer Eisenoxydsalze, hauptsächlich aber dadurch, dass die Bernsteinsäure in Wasser leicht, die Benzoësäure dagegen schwer löslich ist, sowie auch durch ihr Verhalten zu Chlorbaryum, beziehungsweise Chlorcalcium und Alkohol. Die Bernsteinsäure ist meistens nicht vollkommen rein, daher sich ihre Anwesenheit oft durch den Geruch nach Bernsteinöl verräth.

Ein Erkennen beider Säuren neben einander wird, falls noch andere Säuren zugegen sind, bewerkstelligt, indem man mit Eisenchlorid fällt,

den ausgewaschenen Niederschlag mit Ammon erwärmt, filtrirt, die Lösung bis auf einen kleinen Rest einengt, und theils mit Salzsäure, theils mit Chlorbaryum und Alkohol versetzt.

Die Bernstein- und Benzoësäure verhindern die Ausfällung des Eisenoxyds, der Thonerde u. s. w. durch Alkalien nicht.

Dritte Gruppe der organischen Säuren.

Die Hydrate der Säuren lassen sich mit Wasser überdestilliren (das Milchsäurehydrat freilich nur schwierig), die Kalksalze sind in Wasser leicht löslich, die Lösungen der neutralen Alkalisalze werden durch Eisenchlorid in der Kälte nicht gefällt: Essigsäure, Ameisensäure (Milchsäure, Propionsäure, Buttersäure).

§. 171.

a. Essigsäure ($HO, C_4H_3O_3$).

1. Das Hydrat der Essigsäure stellt durchsichtige, blättrige Krystalle dar, welche bei + 17° C. zu einer farblosen, eigenthümlich durchdringend riechenden, höchst sauer schmeckenden Flüssigkeit schmelzen. Diese verflüchtigt sich beim Erhitzen vollständig in stechend riechenden, entzündbaren, mit blauer Farbe brennenden Dämpfen. Mit Wasser ist sie in allen Verhältnissen mischbar. Solche Mischungen sind es, die man schlechthin Essigsäure nennt. Das Essigsäurehydrat löst sich auch in Weingeist.

2. Die essigsauren Salze werden beim Glühen zerlegt. Unter den Zersetzungsproducten findet sich meistens Essigsäurehydrat, fast immer Aceton ($C_6H_6O_2$). Die mit alkalischer und alkalisch erdiger Basis verwandeln sich dabei in kohlensaure Salze. Von denen mit alkalischer Basis lassen manche Metall, andere Oxyd zurück. Die Rückstände sind meist kohlehaltig. Fast alle essigsauren Salze werden von Wasser und Weingeist aufgenommen; die meisten sind in Wasser leicht löslich, schwer löslich sind nur einige wenige. — Erhitzt man essigsaure Salze mit verdünnter Schwefelsäure in einem Destillirapparat, so erhält man die freie Essigsäure im Destillat.

3. Setzt man zu Essigsäure *Eisenchlorid* und sättigt die Säure fast mit Ammon, oder mischt man ein neutrales essigsaures Salz mit Eisenchlorid, so nimmt die Flüssigkeit von dem entstandenen essigsauren Eisenoxyd eine tief dunkelrothe Färbung an. Beim Kochen wird sie, wenn überschüssiges essigsaures Salz vorhanden ist, farblos, indem sich alles Eisenoxyd als überbasisch essigsaures Salz in Gestalt braungelber Flocken niederschlägt, — Ammon fällt aus der Lösung des essigsauren Eisenoxyds alles Eisenoxyd als Hydrat. — Bei Zusatz von Salzsäure wird

eine durch essigsaures Eisenoxyd rothe Flüssigkeit gelb (Unterschied von Eisenrhodanid).

4. Neutrale essigsaure Salze, nicht aber freie etwas verdünnte Essigsäure, geben mit *salpetersaurem Silberoxyd* weisse, in kaltem Wasser sehr schwer lösliche, krystallinische Niederschläge von essigsaurem Silberoxyd ($AgO, C_4H_3O_3$). In heissem Wasser löst sich dasselbe leichter, beim Erkalten der Lösung scheidet es sich in Gestalt sehr feiner Krystalle aus. Ammon nimmt es leicht auf, freie Essigsäure vermehrt die Löslichkeit in Wasser nicht.

5. *Salpetersaures Quecksilberoxydul* bewirkt in Essigsäure, leichter noch in essigsauren Salzen, in Wasser und Essigsäure in der Kälte schwer lösliche, im Ueberschuss des Fällungsmittels leicht lösliche, weisse, schuppig krystallinische Niederschläge von essigsaurem Quecksilberoxydul ($Hg_2O, C_4H_3O_3$). Beim Erhitzen mit Wasser werden sie gelöst, beim Erkalten scheiden sie sich wieder in Form kleiner Krystalle aus. Das essigsaure Quecksilberoxydul wird jedoch dabei theilweise zersetzt, Quecksilber scheidet sich metallisch aus und ertheilt dem Niederschlag eine graue Färbung. Kocht man anstatt mit Wasser mit verdünnter Essigsäure, so ist die Menge des sich abscheidenden metallischen Quecksilbers höchst gering.

6. *Quecksilberchlorid* mit Essigsäure oder einem essigsauren Salze erhitzt, bewirkt keinen Niederschlag von Quecksilberchlorür.

7. Erwärmt man essigsaure Salze mit concentrirter *Schwefelsäure*, so entwickelt sich Essigsäurehydrat, welches an seinem stechenden Geruche zu erkennen ist. Erhitzt man die Salze mit einem Gemenge von etwa gleichen Raumtheilen concentrirter *Schwefelsäure* und *Alkohol*, so entwickelt sich Essigäther ($C_4H_5O, C_4H_3O_3$), dessen höchst charakteristischer lieblicher Geruch, der besonders beim Umschütteln der schon etwas erkalteten Mischung hervortritt, kaum und jedenfalls weit weniger als der stechende Geruch der freien Säure eine Verwechselung zulässt.

8. Erhitzt man verdünnte Essigsäure mit überschüssigem *Bleioxyd*, so löst sich ein Theil desselben zu basisch essigsaurem Bleioxyd auf. Die Flüssigkeit reagirt alkalisch; sie liefert beim Erkalten keine Krystalle.

§. 172.

b. Ameisensäure (HO, C_2HO_3).

1. Das Hydrat der Ameisensäure stellt eine farblose, wasserhelle, schwach rauchende Flüssigkeit dar von höchst durchdringendem, eigenthümlichem Geruche. Es krystallisirt unter 0^0 C. in blätterigen, farblosen Krystallen. Mit Wasser und Weingeist ist es in allen Verhältnissen mischbar. Beim Erwärmen verflüchtigt es sich vollständig. Die Dämpfe lassen sich entzünden und brennen mit blauer Flamme.

2. Die ameisensauren Salze hinterlassen beim Glühen, wie die entsprechenden essigsauren Salze, entweder kohlensaure Verbindungen, Oxyde oder Metalle; gleichzeitig scheidet sich Kohle ab, Kohlenwasserstoff, Kohlensäure und Wasser entweichen. Alle Verbindungen der Ameisensäure mit Basen lösen sich in Wasser, Alkohol nimmt nur manche auf.

3. Zu *Eisenchlorid* verhält sich die Ameisensäure wie die Essigsäure.

4. *Salpetersaures Silberoxyd* schlägt freie Ameisensäure nicht, ameisensaure Alkalien nur in concentrirten Lösungen nieder. Der weisse, schwer lösliche, krystallinische Niederschlag von ameisensaurem Silberoxyd (AgO, C_2HO_3) wird sehr bald dunkler, indem sich metallisches Silber ausscheidet. Nach längerem Stehen erfolgt die Reduction schon in der Kälte vollständig, erhitzt man aber die Flüssigkeit mit dem Niederschlage, so tritt sie sogleich ein. Dieselbe Reduction des Silberoxyds erfolgt auch dann, wenn die Lösung des ameisensauren Salzes so verdünnt war, dass kein Niederschlag entstand, oder wenn man freie Ameisensäure hatte. Sie erfolgt aber nicht bei Gegenwart von überschüssigem Ammon. Die Ameisensäure, welche man als eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser betrachten kann, entzieht hierbei dem Silberoxyd seinen Sauerstoff, es bildet sich Kohlensäure, welche entweicht, und Wasser; Metall wird abgeschieden.

5. *Salpetersaures Quecksilberoxydul* bewirkt in freier Ameisensäure keinen, in den Lösungen ameisensaurer Alkalien aber einen weissen, glimmerartig schimmernden, schwer löslichen Niederschlag von ameisensaurem Quecksilberoxydul (Hg_2O, C_2HO_3). Derselbe wird nach sehr kurzer Zeit von ausgeschiedenem Quecksilber grau, nach längerem Stehen tritt schon in der Kälte, sogleich aber beim Erhitzen, vollständige Reduction ein. Es bildet sich hierbei ebenfalls Kohlensäure und Wasser. Die Reduction erfolgt, wie bei dem Silberoxyd, auch dann, wenn die Flüssigkeit so verdünnt ist, dass das ameisensaure Quecksilberoxydul gelöst bleibt, oder wenn man freie Ameisensäure hat.

6. Erwärmt man Ameisensäure oder ein ameisensaures Alkali mit *Quecksilberchlorid* auf 60° bis 70° C., so erhält man einen Niederschlag von Quecksilberchlorür. Freie Salzsäure wie auch etwas grössere Mengen alkalischer Chlormetalle verhindern die Reaction.

7. Wird Ameisensäure oder ein Salz derselben mit *concentrirter Schwefelsäure* erwärmt, so zerlegt sich erstere ohne Schwärzung der Flüssigkeit in Kohlenoxydgas, welches unter Aufbrausen entweicht und angezündet mit blauer Flamme brennt, und in Wasser. Die Schwefelsäure entzieht nämlich der Ameisensäure das zu ihrem Bestehen nothwendige Wasser oder Oxyd und veranlasst so eine Umsetzung ihrer Elemente ($C_2HO_3 = 2\,CO + HO$). Erhitzt man in einem Destillirapparat ameisensaure Salze mit verdünnter Schwefelsäure, so erhält man die freie Ameisensäure, welche meist schon an ihrem Geruch erkannt werden kann,

im Destillat; erwärmt man mit einer Mischung von concentrirter Schwefelsäure und Alkohol, so entwickelt sich Ameisenäther, der durch seinen eigenthümlichen, an den des Arracks erinnernden Geruch ausgezeichnet ist.

8. Erwärmt man verdünnte Ameisensäure mit überschüssigem Bleioxyd, so löst sich dies theilweise auf. Die Flüssigkeit reagirt alkalisch. Beim Erkalten der nöthigenfalls durch Eindampfen concentrirten Lösung scheidet sich das ameisensaure Bleioxyd (PbO, C_2HO_3) in glänzenden Säulchen oder Nadeln aus.

---

§. 173.

Zusammenstellung und Bemerkungen. Die Essigsäure und Ameisensäure unterscheiden sich von den übrigen organischen Säuren dadurch leicht, dass sie mit Wasser überdestillirt werden können und mit Eisenoxyd lösliche neutrale Salze bilden, welche sich in Wasser mit blutrother Farbe lösen und beim Kochen zersetzt werden. Von einander unterscheiden sie sich durch den Geruch ihrer Hydrate und Aethylverbindungen, durch ihr Verhalten zu Silber- und Quecksilbersalzen, zu Bleioxyd, wie auch zu concentrirter Schwefelsäure. Eine Trennung der Essigsäure von der Ameisensäure gelingt, wenn man beide mit überschüssigem Silberoxyd oder Quecksilberoxyd erhitzt. Die Ameisensäure reducirt die Oxyde, indem sie selbst zerlegt wird; die Essigsäure bleibt mit denselben verbunden in Lösung.

§. 174.

Seltener vorkommende Säuren der dritten Gruppe der organischen Säuren.

1. **Milchsäure** ($2\,HO$, $C_{12}H_{10}O_{10}$). In thierischen Flüssigkeiten, sauer gewordenen Pflanzenstoffen etc. Im reinen Zustande stellt das Milchsäurehydrat eine syrupdicke Flüssigkeit dar, geruchlos, von rein saurem, beissendem Geschmack. Sie liefert, langsam erhitzt, bei 130° Wasser mit etwas Milchsäurehydrat als Destillat, Milchsäure-Anhydrid ($C_{12}H_{10}O_{10}$) zurücklassend, welches zwischen 250 und 300° in Kohlenoxyd, Kohlensäure, Lactid und andere Producte zerfällt. — Das Milchsäurehydrat löst sich leicht in Wasser, Weingeist und Aether. Beim Kochen der wässerigen Lösung verflüchtigt sich etwas Milchsäure mit den Wasserdämpfen. Die milchsauren Salze sind alle in Wasser löslich, zum grösseren Theil schwer löslich; ähnlich verhalten sie sich zu Weingeist, in Aether sind alle unlöslich. Die Darstellung einiger derselben und die Beobachtung ihrer Form unter dem Mikroskop bieten die Mittel zur Erkennung der Milchsäure; am geeignetsten hierzu sind der milchsaure Kalk und das milchsaure Zinkoxyd. — Zur Darstellung des ersteren aus thierischen oder pflanzlichen Säften ist die folgende von Scherer angegebene Methode empfehlenswerth. Man verdünne die Flüssigkeit, wenn

nöthig, mit Wasser, versetze mit Barytwasser und filtrire. Das Filtrat destillirt man (zur Entfernung flüchtiger Säuren) mit etwas Schwefelsäure, digerirt den Rückstand mit starkem Alkohol mehrere Tage hindurch, destillirt die saure Lösung mit etwas Kalkmilch, filtrirt noch warm von dem überschüssigen Kalk und schwefelsauren Kalk ab, leitet in das Filtrat Kohlensäure, erhitzt nochmals zum Kochen, filtrirt von dem gefällten kohlensauren Kalk ab, dampft die Flüssigkeit ein, erwärmt den Rückstand mit starkem Alkohol, filtrirt und lässt das neutrale Filtrat zum Absetzen des milchsauren Kalks mehrere Tage ruhig stehen. Ist so wenig Milchsäure zugegen, dass sich keine Krystalle ausscheiden, so verdampft man zur Syrupconsistenz, mischt starken Weingeist zu, lässt eine Zeit lang stehen, giesst oder filtrirt die weingeistige Lösung in ein verschliessbares Gefäss und setzt nach und nach eine kleine Menge Aether zu. Selbst Spuren von milchsaurem Kalk setzen sich hierdurch ab. — Der milchsaure Kalk erscheint unter dem Mikroskop in büschelförmig vereinigten Nadeln. Von den Büscheln sind immer zwei so mit ihren kurzen Stielen an einander gelagert, dass sie in einander übergehenden Pinseln gleichen. — Das milchsaure Zinkoxyd erscheint, nach schneller Ausscheidung, unter dem Mikroskop in Form kugeliger Nadelgruppen, bei langsamer Verdunstung seiner Lösung erhält man anfangs Krystalle, welche beiderseits abgestumpften Keulen gleichen. Diese Krystalle wachsen nach und nach, die beiden Enden verjüngen sich, während die Mitte bauchig hervortritt (Funke).

2. **Propionsäure** ($HO, C_6H_5O_3$) und 3. **Buttersäure** ($HO, C_8H_7O_3$). Die Propionsäure bildet sich unter sehr verschiedenen Umständen, findet sich namentlich in gegohrenen Flüssigkeiten. Das reine Säurehydrat krystallisirt in Blättchen, siedet bei 140—142° C., löst sich leicht in Wasser; über wässeriger Phosphorsäure oder Chlorcalciumlösung schwimmt die Propionsäure als ölige Schicht. Sie riecht eigenthümlich, zugleich an Butter- und Essigsäure erinnernd, bei Destillation der wässerigen Lösung geht die Propionsäure in das Destillat über. Die Buttersäure kommt in thierischen und Pflanzenstoffen, namentlich auch in gegohrenen Flüssigkeiten der verschiedensten Art häufig vor. Das reine Hydrat ist eine farblose, bewegliche, ätzende, stark saure Flüssigkeit, von unangenehmem, an ranzige Butter und zugleich an Essigsäure erinnernden Geruch, bei etwa 160° C. siedend. Es löst sich in allen Verhältnissen in Wasser und Alkohol; aus der concentrirten wässerigen Lösung wird es durch Chlorcalcium, concentrirte Säuren etc. in Gestalt eines dünnflüssigen Oeles abgeschieden. Die wässerige Lösung der Buttersäure lässt den Geruch der letzteren besonders scharf hervortreten; bei der Destillation geht die Säure mit den Wasserdämpfen über.

Propionsäure und Buttersäure kommen in gegohrenen Flüssigkeiten, im Guano, in manchen Mineralwassern mit einander und neben Ameisensäure und Essigsäure vor. Man kann alsdann folgendermaassen verfahren, um die einzelnen Säuren nachzuweisen. Man destillirt die mit Schwefelsäure angesäuerte, mit Wasser hinlänglich verdünnte Substanz, sättigt das Destillat mit Barytwasser, verdampft zur Trockne und behandelt den Rückstand wiederholt mit kochendem Alkohol von 85 Proc. Es bleibt alsdann zurück der ameisensaure Baryt und ein Theil des essigsauren, es löst sich der Rest des essigsauren, der propion- und buttersaure. Man verdampft die weingeistige Lösung, nimmt den Rückstand mit Wasser auf, zersetzt vorsichtig mit schwefelsaurem Silberoxyd, kocht, filtrirt und lässt die Flüssigkeit (in welcher eher etwas unzersetztes Barytsalz als schwefelsaures Silberoxyd vorhanden sein soll) unter dem Exsiccator verdunsten. Die zuerst, die später und die zuletzt entstehenden

Krystalle nimmt man heraus und stellt ihre Natur fest. Das essigsaure Silberoxyd liefert in concentrirter Schwefelsäure gelöst, Essigsäuregeruch und keine Oeltröpfchen; das propion- und buttersaure entwickelt den den Säuren eigenthümlichen Geruch und liefert Oeltröpfchen (bei kleinen Mengen nur unter dem Mikroskop zu erkennen). Die sichere Unterscheidung der Propion- von der Buttersäure lässt sich nur bewerkstelligen, indem man den Silbergehalt der getrennten Silbersalze ermittelt und hierdurch das Atomgewicht der Säuren feststellt. — Ist neben wenig butter- und propionsaurem Baryt viel essigsaurer in Lösung gegangen, so fällt man aus der wässerigen Lösung der in Weingeist löslichen Barytsalze zunächst durch Schwefelsäure den Baryt genau aus, neutralisirt die Hälfte der sauren Flüssigkeit mit Natron, fügt die andere Hälfte zu, destillirt, sättigt das Destillat, in welchem nun die Propion- und Buttersäure vorzugsweise enthalten sind, mit Baryt, zersetzt nun mit schwefelsaurem Silberoxyd und verfährt überhaupt wie oben.

ZWEITE ABTHEILUNG.

SYSTEMATISCHER GANG

DER

QUALITATIVEN CHEMISCHEN ANALYSE.

Ueber

den Gang einer qualitativen Analyse

im Allgemeinen

und über

den Plan der vorliegenden zweiten Abtheilung

insbesondere.

Wenn man die Reagentien und das Verhalten der Körper zu denselben kennt, so ist man im Stande, sogleich zu unterscheiden, ob irgend eine einfache Verbindung, deren physikalische Eigenschaften einen Schluss auf ihre Natur gestatten, das wirklich ist, wofür man sie hält. Einige einfache Reactionen lehren uns z. B., dass ein Körper, den wir für Kalkspath halten, in der That kohlensaurer Kalk, einer, den wir für Gyps halten, wirklich schwefelsaurer Kalk sei. Ebenso genügen diese Kenntnisse gewöhnlich, um zu ermitteln, ob in irgend einer zusammengesetzten Substanz ein gewisser Körper vorhanden oder nicht vorhanden ist, ob also z. B. ein weisses Pulver Quecksilberchlorür enthält oder nicht. Handelt es sich aber darum, die chemische Natur eines uns völlig unbekannten Körpers darzuthun, sollen alle Bestandtheile eines Gemenges oder einer chemischen Verbindung aufgefunden werden, will man den Beweis liefern, dass ausser den aufgefundenen Stoffen durchaus keine weiteren vorhanden sein können, ist demnach von einer vollständigen qualitativen Analyse die Rede, so muss sich zu der Kenntniss der Reagentien und zu der des Verhaltens der einzelnen Körper zu denselben nothwendig die eines bestimmten systematischen Verfahrens bei der Analyse gesellen, das heisst, wir müssen wissen, in welcher Reihenfolge wir Lösungsmittel, allgemeine und besondere Reagentien anzuwenden haben, um sowohl von der Abwesenheit aller nicht gegenwärtigen Körper schnell überzeugt zu werden, als auch um die wirklich vorhandenen bald und sicher zu erkennen. — Fehlt uns die Kenntniss eines solchen systematischen Ganges, oder sagen wir uns, in der Hoffnung, schneller zum Ziele zu kommen, bei Untersuchungen von jeder Methode los, so wird das Analysiren,

wenigstens in der Hand des Anfängers, ein Herumrathen, und die erhaltenen Resultate sind nicht mehr Ergebnisse wissenschaftlicher Berechnung, sondern Sache des bald günstigen, bald ungünstigen Zufalls.

Eine bestimmte Methode muss demnach jeder Analyse zu Grunde liegen; es ist aber keineswegs nöthig, dass diese immer eine und dieselbe sei. Im Gegentheile, Uebung, Nachdenken und Betrachtung der Umstände führen uns in verschiedenen Fällen meist zu verschiedenen Methoden. Alle aber kommen darin überein, dass die vorhandenen oder vorauszusetzenden Stoffe erst in gewisse Gruppen getheilt, die in die verschiedenen Gruppen gehörenden Körper alsdann weiter unterschieden und zuletzt einzeln erkannt werden müssen. — Die Verschiedenheit der Methoden aber ist theils in der Reihenfolge, in welcher die Reagentien angewendet werden, theils in ihrer Auswahl begründet.

Um nun zu dem Standpunkte zu gelangen, selbstständige Methoden zur Analyse entwerfen zu können, muss man sich zuvor mit einem, durch die Erfahrung geprüften, allen irgend möglichen Fällen angepassten Gange ganz und gar vertraut machen, damit man in der Folge bei erlangter Uebung durch eigene Ueberlegung zu finden vermag, in welchen Fällen diese oder jene Modification der allgemeinen Methode etwa schneller oder leichter zum Ziele führe.

Die Darlegung eines solchen, allen Fällen angepassten, möglichst sicheren und einfachen, durch die Erfahrung erprobten und bewährten Ganges ist der Gegenstand des ersten Abschnittes dieser zweiten Abtheilung.

Die Elemente und Verbindungen, welche darin umfasst werden, sind dieselben, welche in dem propädeutischen Theile aufgeführt worden sind (mit Ausnahme der daselbst in kürzerer Fassung mit kleinerer Schrift aufgeführten).

Die Art der Darlegung ist eine zur praktischen Untersuchung unmittelbar anleitende, so zwar, dass jeder richtig Beobachtende den vorgezeichneten Weg nicht verfehlen kann, sondern — auf demselben fortschreitend — rasch und sicher zum Ziele gelangen muss.

Dieser erste Abschnitt zerfällt in folgende Unterabtheilungen:

1. Einleitende Prüfung,
2. Auflösung,
3. Eigentliche Untersuchung.

Die eigentliche Untersuchung aber zerfällt wieder in die Untersuchung von Verbindungen, in welchen nur eine Basis und eine Säure vorausgesetzt wird, und in die von Gemengen oder Verbindungen, in welchen alle hier in Betracht kommenden Körper als gegenwärtig angenommen werden. In Bezug auf die letztere muss bemerkt werden, dass man, wenn die einleitende Prüfung nicht von der Abwesenheit bestimmter Körpergruppen die gewisseste Ueberzeugung gegeben hat, ohne Gefahr, einen oder mehrere Stoffe zu übersehen, keinen Paragraphen, auf welchen in Folge der sich zeigenden Erscheinungen hingewiesen wird, übergehen darf. — Will man

eine Verbindung oder ein Gemenge nicht auf alle Bestandtheile, sondern nur auf gewisse Stoffe prüfen, so findet man leicht, welche Nummern alsdann in Betracht zu ziehen sind.

Da zur Aufstellung eines solchen systematischen Verfahrens Voraussicht aller möglichen Umstände nothwendig ist, so ergibt sich von selbst, dass die in den Kreis unserer Betrachtung aufgenommenen Körper zwar in allen beliebigen Mischungen und Gemengen unter sich, aber frei von fremdartigen organischen Stoffen angenommen werden mussten, indem durch solche viele Reactionen verdeckt, andere mannigfach modificirt werden.

Wenngleich nun der allgemeine analytische Gang so eingerichtet ist, dass er auf alle möglichen Fälle passt, so ist es doch in manchen speciellen Fällen zweckmässiger oder fördernder, denselben abzuändern. Zuweilen wird auch eine vorbereitende Behandlung der Substanz erfordert, ehe sich der allgemeine Gang anwenden lässt; wie dies namentlich bei Anwesenheit färbender, schleimiger organischer Materien der Fall ist. — Um nun auch für diese besonderen Fälle nicht ohne Anleitung zu lassen, habe ich im zweiten Abschnitte der zweiten Abtheilung einige wichtige und häufig vorkommende Beispiele aufgeführt und das bei ihrer Analyse einzuhaltende Verfahren ausführlich beschrieben. Man wird an mehreren derselben leicht ersehen können, wie sich der allgemeine Gang vereinfacht, wenn der Kreis der Körper enger wird, auf welche bei der Analyse Rücksicht zu nehmen ist.

Da endlich ein erfolgreiches und verständiges Analysiren nur möglich ist, wenn der Arbeitende eine genaue Kenntniss der Gründe hat, worauf die Scheidung und Erkennung der Körper beruht, und sich daher stets Rechenschaft zu geben weiss, warum bei dem Gange der Untersuchung dies oder jenes Reagens in der oder jener Reihenfolge angewendet wird, so habe ich im dritten Abschnitte der zweiten Abtheilung eine Erklärung und Auseinandersetzung des allgemeinen analytischen Ganges, sowie auch mancherlei Zusätze zum praktischen Verfahren gegeben. — Da dieser Abschnitt demnach der Schlüssel zu dem ersten und zweiten ist, so empfehle ich dringend, sich mit demselben bald und gründlich bekannt zu machen. — Ich habe dieser theoretischen Erläuterung einen besonderen Abschnitt gewidmet, weil sie im Zusammenhang am besten verstanden wird; auch würde durch zu häufige erklärende Einschaltungen und Zusätze die Uebersichtlichkeit der Darstellung des praktischen Verfahrens wesentlich beeinträchtigt worden sein.

In diesem dritten Abschnitte habe ich auch Gelegenheit genommen, darauf aufmerksam zu machen, in welchen Rückständen, Lösungen, Niederschlägen etc., welche bei dem systematischen Gange der Analyse erhalten werden, man die seltener vorkommenden Elemente zu suchen hat, und wie bei Untersuchungen, bei denen man erwarten kann, denselben zu begegnen, zu verfahren ist, um auch diese Körper in systematischer Weise und sicher zu finden.

Erster Abschnitt.

Praktisches Verfahren,

allgemeiner Gang.

I. Einleitende Prüfung*).

§. 175.

Man beobachtet vor Allem die äusseren, sinnlich wahrnehmbaren 1
Eigenschaften der zu untersuchenden Substanz: Farbe, Form, Härte, Schwere, Geruch u. s. w., da sich daraus oft mancher Schluss ziehen lässt. Ehe man weiter verfährt, ist wohl zu berücksichtigen, wie viel des zu untersuchenden Körpers zu Gebote steht, weil man schon jetzt die Quantitäten, welche man zur einleitenden Prüfung verwenden darf, darnach beurtheilen muss. Sparsamkeit ohne Uebertreibung ist, auch wenn man den Körper in Pfunden hätte, zur Gewöhnung anzurathen; Gesetz aber muss es sein, stets nur einen Theil der Substanz zur Untersuchung zu verwenden, einen anderen aber, wenn auch kleineren, für unvorhergesehene Fälle und zu bestätigenden Versuchen aufzubewahren.

A. Der zu untersuchende Körper ist fest.

I. Er ist weder ein regulinisches Metall, noch eine Legirung.

§. 176.

1. Ist die Substanz pulverförmig oder klein krystallisirt, so ist sie zur 2
Untersuchung geeignet; ist sie in grösseren Krystallen oder in festen

---

*) Vgl. hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte der zweiten Abtheilung. —
**) Diese am Rande stehenden Zahlen haben den Zweck, bei Hinweisungen von einem Ort des Ganges zum anderen das Nachschlagen zu erleichtern.

Stücken, so muss vorher ein Theil derselben, wenn es möglich ist, fein zerrieben werden. Es kann dies bei weicheren Körpern in einem Porzellanmörser geschehen; härtere dagegen zerschlägt man zuerst in einem Stahlmörser oder auf einem Stahlamboss in kleinere Stückchen und zerreibt diese alsdann in einem Achatmörser.

2. Man erhitzt etwas des Pulvers in einem etwa 6 Centimeter 3
langen, 5 Millimeter weiten, am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhrchen, anfangs mässig über der Weingeist- oder Gaslampe, später stark in der durch Anwendung eines Sehornsteins im Hitzgrade gesteigerten Gasflamme oder in der Löthrohrflamme. Die stattfindenden Erscheinungen lassen über die Natur des Körpers Manches mit Sicherheit schliessen, Anderes mit Wahrscheinlichkeit folgern. Diejenigen, auf welche man vornehmlich zu achten hat, fasse ich unter folgenden Ueberschriften zusammen, von denen bei einem und demselben Körper öfters mehrere zu beachten sind.

a. Der Körper bleibt unverändert: keine organischen Substan- 4
zen, keine wasserhaltigen Salze, keine leicht schmelzbaren Stoffe, keine flüchtigen Körper (mit Ausnahme von Kohlensäure, da bei deren Entweichen oft keine sichtbare Veränderung eintritt).

b. Der Körper ändert, ohne in mässiger Hitze zu schmelzen, 5
seine Farbe. Aus Weiss in Gelb, beim Erkalten wieder weiss werdend, deutet auf Zinkoxyd, — aus Weiss in Gelbbraun, beim Erkalten schmutzig hellgelb werdend, deutet auf Zinnoxyd, — aus Weiss oder Röthlichgelb in Braunroth, beim Erkalten gelb bleibend, in Rothglühhitze schmelzbar, deutet auf Bleioxyd, — aus Weiss oder Blassgelb in Pomeranzengelb bis Rothbraun, erkaltet blassgelb, in starker Rothglühhitze schmelzend, deutet auf Wismuthoxyd, — aus Braunroth in Schwarz, beim Erkalten wieder braunroth, deutet auf Eisenoxyd, aus Gelb in Dunkelorange, in starker Hitze schmelzbar, deutet auf neutrales chromsaures Kali etc.

c. Der Körper schmilzt ohne Ausstossung von Wasser- 6
dämpfen. Entwickelt sich bei starkem Erhitzen ein Gas (Sauerstoff) und verbrennt ein hineingeworfenes Kohlensplitterchen mit Heftigkeit, so werden dadurch salpetersaure oder ehlorsaure Salze angedeutet.

d. Es entweicht Wasser, welches sich im kälteren Theile 7
des Röhrchens verdichtet: deutet α. auf Krystallwasser enthaltende Körper (in dem Falle schmelzen dieselben in der Regel leicht und werden nach dem Entweichen des Wassers wieder fest; manche schwellen, indem sie ihr Wasser abgeben, bedeutend auf, z. B. Borax, Alaun), oder β. auf zersetzbare Hydrate (die Körper schmelzen dann öfters nicht), oder γ. auf wasserfreie Salze, welche zwischen ihren Lamellen Wasser mechanisch einge-

schlossen haben (die Körper decrepitiren alsdann), oder δ. auf Körper, denen Feuchtigkeit äusserlich anhaftet.

Die im Röhrchen verdichteten Wassertropfen untersucht man auf ihre Reaction. Ist dieselbe alkalisch, so wird dadurch Ammon, ist sie sauer, eine flüchtige Säure (Schwefelsäure, schweflige Säure, Fluorwasserstoffsäure, Chlor-, Brom- oder Jodwasserstoffsäure, Salpetersäure etc.) angezeigt.

e. Es entweichen Gase oder Dämpfe. Man beachtet, ob sie 8
eine Farbe, Geruch, saure oder alkalische Reaction haben, ob sie brennbar sind etc.

aa. Sauerstoff deutet auf Hyperoxyde, chlorsaure, salpetersaure etc. Salze. Ein glimmendes Spänchen entzündet sich im Gasstrom.

bb. Schweflige Säure. Dieselbe entsteht öfters durch Zersetzung von schwefelsauren Salzen; sie ist am Geruch und der sauren Reaction erkennbar.

cc. Untersalpetersäure, aus der Zersetzung salpetersaurer Salze, namentlich solcher mit schweren Metalloxyden, herstammend, an der braunrothen Farbe und an dem Geruch der Dämpfe kenntlich.

dd. Kohlensäure, deutet auf in der Hitze zersetzbare kohlensaure Salze, oder auch auf oxalsaure Salze mit reducirbaren Metalloxyden, z. B. oxalsaures Kupferoxyd. Das Gas ist farb- und geruchlos, nicht brennbar. Ein an einem Uhrglase haftender Tropfen Kalkwasser, dem Gasstrom ausgesetzt, trübt sich.

ee. Kohlenoxydgas, deutet auf oxalsaure, auch auf ameisensaure Salze. Das Gas brennt blau. Bei oxalsauren Salzen ist das Kohlenoxydgas öfters, z. B. bei oxalsaurer Magnesia, mit Kohlensäure gemischt, daher schwerer zu entzünden; bei ameisensauren Salzen tritt merkliche Verkohlung ein. Erstere entwikeln, auf dem Uhrglase mit Braunstein, ein wenig Wasser und etwas concentrirter Schwefelsäure zusammengebracht, Kohlensäure, letztere nicht.

ff. Chlor, Brom oder Jod deutet auf unter Ausscheidung der Halogene zersetzbare Chlor-, Brom- oder Jodverbindungen. Die Gase sind durch ihre Farbe (gelbgrün, braunroth, violett) und ihren Geruch leicht zu erkennen; beim Entweichen grösserer Jodmengen bildet sich ein schwarzes Sublimat (vgl. 9).

gg. Cyan, deutet auf in der Hitze zersetzbare Cyanverbindungen, z. B. Cyanquecksilber. Das Gas ist an seinem Geruch und — wenn es ziemlich rein ist — daran kenntlich, dass es mit carmoisinrother Flamme brennt.

hh. Schwefelwasserstoff, deutet auf wasserhaltige Schwefelverbindungen, am Geruche leicht erkennbar.

ii. Ammoniak, aus der Zersetzung von Ammonsalzen oder auch

von Cyanverbindungen oder stickstoffhaltigen organischen Materien hervorgehend, in welch' letzteren Fällen Bräunung oder Verkohlung eintritt, und mit dem Ammoniak entweder Cyan oder stinkende brenzliche Oele entweichen.

f. Es bildet sich ein Sublimat, Anwesenheit flüchtiger Körper. 9
Folgende sind es, denen man häufiger begegnen wird:

aa. Schwefel. Aus Gemengen oder manchen Schwefelmetallen entbunden. — Sublimirt in rothbraunen Tropfen, welche erkaltet fest und gelb oder gelbbraun werden.

bb. Jod. Aus Gemengen, manchen Jodmetallen, Jodsäure etc. entbunden. Dampf veilchenblau, Sublimat schwarz, Jodgeruch.

cc. Ammonsalze bilden weisse Sublimate, entwickeln, mit etwas Soda und einem Tropfen Wasser auf dem Platinblech erwärmt, Ammoniak.

dd. Quecksilber und Verbindungen desselben. — Das metallische Quecksilber bildet Kügelchen, das Schwefelquecksilber ist schwarz, gerieben roth, das Quecksilberchlorid schmilzt, ehe es sich verflüchtigt, das Quecksilberchlorür sublimirt, ohne zuvor zu schmelzen, das Sublimat ist heiss von gelber Farbe, erkaltet weiss, — das rothe Quecksilberjodid gibt ein gelbes Sublimat.

ee. Arsen und Verbindungen desselben. Das metallische Arsen bildet den bekannten Spiegel, die arsenige Säure glänzende Kryställchen, die Schwefelverbindungen des Arsens bilden heiss rothgelbe, erkaltet gelbe Sublimate.

ff. Antimonoxyd schmilzt zur gelben Flüssigkeit, bevor es sublimirt. Das Sublimat besteht aus glänzenden Nadeln.

gg. Benzoësäure und Bernsteinsäure, die officinellen, nicht ganz reinen Säuren sind am Geruch der Dämpfe erkenntlich.

hh. Oxalsäurehydrat, weisses krystallinisches Sublimat, dicke, zum Husten reizende Dämpfe im Röhrchen. Eine kleine Probe auf Platinblech mit einem Tropfen concentrirter Schwefelsäure erwärmt, bewirkt reichliche Gasentwickelung.

g. Es tritt Verkohlung ein: organische Substanzen. Es ent- 10
wickeln sich dann immer auch Gase, bei essigsauren Salzen Aceton und Wasser, welches letztere sauer oder alkalisch reagirt. Braust der Rückstand mit Säuren übergossen, während der ursprüngliche Körper diese Erscheinung nicht zeigt, so deutet dies auf, an Alkalien oder alkalische Erden gebundene, organische Säuren. — Salze, welche leicht reducirbare Metalloxyde in Verbindung mit organischen Säuren enthalten, hinterlassen oft regulinische Metalle, z. B. essigsaures Kupferoxyd, und in Folge dessen, d. h. in Folge der Verbrennung des Kohlenstoffs auf Kosten des Sauerstoffs der Oxyde, wenig oder auch keine Kohle.

3. Man bringt einen kleinen Theil des Körpers in ein Kohlen- 11
grübchen und richtet die innere Löthrohrflamme darauf.

Da sich hierbei die Vorgänge grösstentheils wiederholen, welche man beim Erhitzen in der Glasröhre bereits wahrgenommen hat, so werden nur die dieser Behandlung eigenthümlichen hier aufgeführt. Entwickelt sich bei dem Anblasen auf der Kohle schweflige Säure, so wird dadurch in der Regel ein Schwefelmetall angezeigt.

Folgende Erscheinungen sind es, aus denen man einigermaassen sichere Schlüsse ziehen kann:

a. Der Körper schmilzt und zieht sich in die Kohle oder 12
bildet eine Perle im Grübchen, ohne gleichzeitigen Beschlag: deutet vorzugsweise auf Salze der Alkalien.

b. Es bleibt ein unschmelzbarer, weisser Rückstand auf der 13
Kohle, entweder sogleich oder nach vorhergegangenem Schmelzen im Krystallwasser; deutet besonders auf Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, Thonerde, Zinkoxyd (erscheint heiss gelb) und Kieselsäure. — Von diesen zeichnen sich Strontian, Kalk, Magnesia und Zinkoxyd durch ein sehr helles Leuchten in der Löthrohrflamme aus. Man bringt auf die geglühte weisse Masse ein Tröpfchen salpetersaure Kobaltlösung und erhitzt wieder stark. Schön blaue Färbung deutet auf Thonerde, grüne zeigt Zinkoxyd an. Bei Gegenwart von Kieselsäure sowie von manchen Phosphaten alkalischer Erden entsteht auch eine schwächere oder stärkere blaue Färbung, was zu beachten.

Im Falle a. oder b. kann man, um die Vorprüfung auf Alkalien und alkalische Erden zu vervollständigen, eine Prüfung mittelst der Flammenfärbung vornehmen. Man befestigt zu dem Ende ein wenig der Substanz an dem Oehr eines feinen Platindrahtes, befeuchtet wiederholt mit Schwefelsäure, trocknet vorsichtig in der Nähe des Flammenrandes und bringt in den Schmelzraum der Bunsen'schen Gasflamme. Es treten dann zuerst die durch Alkalien verursachten Flammenfärbungen, später — nach deren Verdampfen — die von Baryt, und endlich — nach dem Befeuchten mit Salzsäure — die von Strontian oder Kalk herrührenden auf. In Betreff des Näheren vergl. §. 92 und §. 99.

c. Es bleibt ein Rückstand von anderer Farbe, es erfolgt 14
eine Metallreduction oder es bildet sich ein Beschlag. In dem Falle zieht man aus der eingetretenen Reaction nicht ohne Weiteres einen Schluss, sondern man mengt, um entscheidendere Erscheinungen hervorzurufen, etwas des Pulvers unter Zusatz eines Tropfens Wasser mit kohlensaurem Natron, erhitzt auf Kohle in der reducirenden Löthrohrflamme und beachtet sowohl den Rückstand im Grübchen als den Beschlag an der Kohle.

α. Man erhält nach gutem Blasen ein Metallkorn, ohne dass sich 15

die Kohle beschlägt; deutet auf Gold oder Kupfer. Letzteres gibt sich zugleich durch Grünfärbung der Flamme zu erkennen. — Platin-, Eisen-, Kobalt- und Nickel-Oxyde werden zwar gleichfalls reducirt, liefern aber keine Metallkörner.

β. Es bildet sich zugleich mit einem Metallkorn oder auch ohne ein solches ein Beschlag auf der Kohle. 16

aa. Ein *weisser*, entfernt von der Probe, sehr leicht zu verflüchtigen unter Verbreitung knoblauchartigen Geruchs: Arsen.

bb. Ein *weisser*, weniger entfernt von der Probe, lässt sich von einer Stelle zur anderen treiben: Antimon. Gewöhnlich bemerkt man gleichzeitig Metallkörner, welche, wenn man mit dem Blasen aufhört, noch lange weissen Rauch entwickeln und sich beim Erkalten mit Kryställchen von Antimonoxyd umgeben; die Körnchen sind spröde.

cc. Ein in der Hitze *gelber*, erkaltet weisser, ziemlich nahe an der Probe, lässt sich schwer verflüchtigen: Zink.

dd. Ein in der Hitze *schwach gelber*, erkaltet weisser, sich unmittelbar um die Probe anlegender, der sich mit keiner Flamme verflüchtigen lässt: Zinn. Die gleichzeitig, aber nur in guter Reductionsflamme, entstehenden Metallkügelchen sind blank, leicht schmelzbar, dehnbar.

ee. Ein in der Wärme *citrongelber*, erkaltet schwefelgelber, verlässt, mit der Reductionsflamme erhitzt, seine Stelle mit blauem Scheine: Blei. Gleichzeitig bemerkt man leicht schmelzbare dehnbare Metallkügelchen.

ff. Ein in der Wärme *dunkel orangegelber*, erkaltet citrongelber, verlässt, mit der Reductionsflamme erhitzt, seine Stelle ohne blauen Schein: Wismuth. Die gleichzeitig entstehenden Metallkügelchen sind leicht schmelzbar, spröde.

gg. Ein rothbrauner, in dünnen Lagen orangegelber, ohne farbigen Schein sich verflüchtigend: Cadmium.

hh. Ein schwacher dunkelrother: Silber; bei gleichzeitiger Anwesenheit von etwas Blei und Antimon ist der Beschlag carmoisinroth.

Hat eine Metallreduction stattgefunden, so schneide man die mit Wasser befeuchtete Probe aus, zerreibe sie in einer kleinen Achatreibschale und schlämme die Kohletheilchen mit Wasser ab. Man erhält dann Gold in gelben, Kupfer in kupferrothen, Silber in fast weissen, Zinn in grauweissen, Blei in weissgrauen Plättchen oder Streifen, Wismuth als röthlichgraues, Zink als bläulich-weisses, Antimon als graues Pulver. Sind Kupfer und Zinn oder Kupfer und Zink gleichzeitig vorhanden, so entstehen zuweilen gelbe Legirungen.

4. Man schmelzt eine kleine Probe mit einer Phosphorsalzperle zusammen und setzt eine Zeitlang der äusseren Löthrohrflamme aus. 17

a. Der Körper wird leicht und in grösserer Menge gelöst zu einer in der Hitze klaren Perle.

α. *Die heisse Perle ist gefärbt:* 18
blau, bei Kerzenlicht mehr violett: Kobalt;
grün, beim Erkalten blau, — in der Reductionsflamme, nach der Abkühlung, roth: Kupfer;
grün, besonders schön beim Erkalten, in der Reductionsflamme unverändert: Chrom;
braunroth, beim Abkühlen hellgelb oder farblos, in der Reductionsflamme heiss roth, unter der Abkühlung gelb, dann grünlich: Eisen;
röthlich bis braunroth, nach dem Abkühlen heller, gelb bis röthlich gelb, ja selbst farblos, in der Reductionsflamme unverändert: Nickel;
gelbbraun, beim Erkalten hellgelb bis farblos, in der Reductionsflamme (vornehmlich nach Berührung mit etwas Zinn) fast farblos, beim Erkalten schwarzgrau: Wismuth;
hellgelblich bis opalfarben, kalt etwas trüb, in der Reductionsflamme weissgrau: Silber;
amethystroth, besonders nach dem Erkalten, in der äusseren Flamme beständig kochend, in der Reductionsflamme farblos, nicht ganz klar, Mangan.

β. *Die heisse Perle ist nicht gefärbt:* 1
aa. sie bleibt beim Erkalten klar: Antimon, Thonerde, Zink, Cadmium, Blei, Kalk, Magnesia (die fünf letzteren liefern bei grösserem Zusatz emailweisse Perlen, die Bleioxydperle ist gesättigt gelblich);
bb. sie wird, schon bei geringerem Zusatz, erkaltend emailweiss: Baryt, Strontian.

b. Der Körper löst sich träge und nur in geringer Menge: 2
α. die Perle ist farblos und bleibt auch bei der Abkühlung klar. Das ungelöste erscheint halbdurchsichtig; bei Zusatz von etwas Eisenoxyd nimmt das Glas die Farbe der Eisenperle an: Kieselsäure;
β. die Perle ist farblos und bleibt so, auch nach Zusatz von etwas Eisenoxyd: Zinn.

c. Der Körper löst sich gar nicht und schwimmt (als Metall) in der Perle: Gold, Platin. 2

5. Bei Mineralien stellt man eine Untersuchung auf Fluor an nach §. 146. 8.

Da ein zu untersuchender Körper aus den verschiedenartigsten Stoffen gemengt sein kann, so ist bei diesen Prüfungen die Aufstellung ganz scharf begrenzter Fälle nicht unter allen Umständen möglich. Treten daher bei den Versuchen Erscheinungen ein, welche von der Vereinigung zweier oder mehrerer Fälle herrühren, so sind natürlicher Weise auch die zu ziehenden Schlüsse danach einzurichten.

Nach Beendigung der vorläufigen Prüfung schreitet man zur Auflösung des zu untersuchenden Körpers nach §. 180 (32).

§. 177.

II. Der Körper ist ein regulinisches Metall oder eine Legirung.

1. Man übergiesst und erhitzt eine Probe mit Wasser, dem man etwas Essigsäure zugesetzt hat. Entwickelt sich Wasserstoffgas, so deutet dies auf ein Leichtmetall (möglichenfalls auch auf regulinisches Mangan). 22
2. Man erhitzt eine Probe im Kohlengrübchen mit der inneren Löthrohrflamme und beobachtet, ob die Probe schmilzt, ob sich ein Beschlag bildet, ein Geruch entwickelt u. s. w. 23

Mit grösserer oder geringerer Sicherheit lassen sich hierbei folgende Metalle erkennen: Arsen am Knoblauchgeruch, — Quecksilber an seiner Leichtflüchtigkeit, — Antimon, Zink, Blei, Wismuth, Cadmium, Zinn, Silber an der Schmelzbarkeit unter Bildung von Beschlägen auf der Kohle, vergl. (16), Kupfer an der Grünfärbung der äusseren Flamme. Nur wenn ein einzelnes reines oder fast reines Metall vorliegt, lassen sich noch weitere Schlüsse ziehen, so ist Gold schmelzbar ohne Beschlag, Platin, Eisen, Mangan, Nickel und Kobalt schmelzen, wenn sie rein sind, in der Löthrohrflamme nicht.

3. Man erhitzt eine Probe in einer am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre in der gesteigerten Gas- oder Löthrohrflamme. 24
   a. Es bildet sich im kälteren Theile der Röhre kein Anflug: Abwesenheit des Quecksilbers.
   b. Es bildet sich ein Anflug: Quecksilber, Cadmium oder Arsen. Der Anflug des ersteren, der aus lauter kleinen Kügelchen besteht, kann mit dem Cadmium- oder Arsen-Anflug nicht leicht verwechselt werden.

Nach Beendigung der vorläufigen Prüfung schreitet man zur Auflösung nach §. 181 (42).

§. 178.

B. Der zu untersuchende Körper ist eine Flüssigkeit.

1. Man verdampft eine Probe in einem Platinschälchen oder in einem kleinen Porzellantiegel und sieht, ob überhaupt etwas aufgelöst war und (nach §. 176) von welcher Natur der Rückstand ist. 25

2. Man prüft mit Laekmuspapieren.
   a. Blaues wird geröthet. Diese Reaction kann sowohl von einer freien Säure oder einem sauren Salze, als auch von einem in Wasser löslichen Metallsalze herrühren. Um diese beiden Fälle zu unterscheiden, giesst man etwas von der Flüssigkeit auf ein Uhrglas und stellt ein nur mit der äussersten Spitze in verdünnte kohlensaure Natronlösung getauchtes Stäbchen hinein; bleibt die Flüssigkeit klar, oder löst sich ein entstandener Niedersehlag beim Umrühren wieder auf, so ist das erstere, entsteht eine bleibende Trübung, das letztere, wenigstens im Durchschnitt, der Fall.
   b. Geröthetes wird blau; deutet auf freies oder kohlensaures Alkali, auf freie alkalische Erden, alkalisehe Schwefelverbindungen, wie auch auf eine Reihe von sonstigen Salzen, welche ein Alkali, auch wohl eine alkalische Erde, in Verbindung mit einer schwachen Säure enthalten.
3. Man prüft durch den Geruch, oder, im Falle man damit nicht zu sicheren Resultaten gelangt, durch eine Destillation, ob das vorhandene einfaehe Lösungsmittel Wasser, Weingeist, Aether u. s. w. ist. Findet man, dass dasselbe nieht Wasser ist, so verdampft man die Lösung zur Trockne und verfährt mit dem Rückstande nach §. 176.
4. Im Falle die Lösung eine wässerige ist und saure Reaction zeigt, verdünnt man ein Theilchen derselben mit viel Wasser. Wird sie dadurch milchig getrübt, so deutet diese Erscheinung auf Antimon, Wismuth (möglichenfalls auch auf Zinn), vergl. §. 121. 9. und §. 131. 4.

Nach Beendigung der vorläufigen Prüfung schreitet man zur eigentlichen Untersuehung. Ist eine Lösung eine wässerige und reagirt sie neutral, so kann sie nur in Wasser lösliche Substanzen enthalten, reagirt sie dagegen sauer und zwar in Folge der Anwesenheit freier Säure, so hat man bei der eigentlichen Untersuchung auch auf solche Körper Rücksicht zu nehmen, welehe in Wasser nicht, wohl aber in Säuren löslich sind. Diese Umstände berücksichtigend, geht man, wenn man berechtigt ist, nur eine Base und eine Säure vorauszusetzen, zu §. 182 beziehungsweise §. 185 über, ist man dagegen zu der genannten Annahme nicht berechtigt, so verfährt man nach §. 189. — Reagiren Flüssigkeiten alkaliseh, so verfährt man, wenn man darin nur eine Base und eine Säure voraussetzen kann, nach §. 182, anderenfalls nach §. 189.

II. Auflösung der Körper oder Eintheilung derselben nach ihrem Verhalten zu gewissen Lösungsmitteln*).

§. 179.

Die Mittel, deren wir uns bedienen, um einfache Körper oder Verbindungen nach ihrer Löslichkeit einzutheilen und um Gemenge zu schei-

*) Vergl. hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte der zweiten Abtheilung.

len, sind Wasser und Säuren (Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser); ler Classen aber, in welche die Körper nach ihrem Verhalten zu denselben zerfallen, sind drei.

Erste Classe. In Wasser lösliche Körper.

Zweite Classe. In Wasser unlösliche oder schwer lösliche, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser hingegen lösliche Körper.

Dritte Classe. In Wasser, wie in Salzsäure, Salpetersäure und Königswasser unlösliche oder schwer lösliche Körper.

Da Metalllegirungen zweckmässiger auf eine etwas abweichende Art aufgelöst werden, so soll für sie eine besondere Methode aufgestellt werden (§. 181).

Um die Auflösung vorzunehmen oder zu versuchen, verfährt man nun folgendermaassen:

A. Der Körper ist weder ein regulinisches Metall, noch eine Metalllegirung.

§. 180.

1. Man übergiesst etwa 1 Grm. (16 Gran) des zu untersuchenden Kör- 32
pers in Pulverform mit der zehn- bis zwölffachen Menge destillirten Wassers in einem Kölbchen oder Proberöhrchen und erhitzt über einer Spiritus- oder Gaslampe zum Kochen.

   a. Er löst sich ganz. In dem Falle ist er, unter Berücksichtigung 33
des in der einleitenden Prüfung (30) in Bezug auf Reaction Gesagten, in die erste Classe zu rechnen. Man verfährt mit der Lösung, je nachdem man darin eine oder mehrere Basen und Säuren voraussetzen muss, nach §. 182 oder nach §. 189.

   b. Es bleibt auch nach längerem Kochen ein Rückstand. 34
Man lässt absitzen und filtrirt die Flüssigkeit ab, wo möglich so, dass man das Ungelöste im Röhrchen behält. Dann verdampft man einige Tropfen des klaren Filtrats langsam auf blankem Platinblech. Bleibt kein Rückstand, so war die Substanz in Wasser unlöslich, man verfährt nach (35). Bleibt ein Rückstand, so ist die Verbindung wenigstens theilweise löslich. Man kocht nochmals mit Wasser aus und filtrirt zu der ersten Lösung. Mit dieser Flüssigkeit verfährt man sodann, je nachdem man darin eine oder mehrere Basen und Säuren voraussetzen muss, nach §. 182 oder §. 189. Den Rückstand aber wäscht man mit Wasser aus und verfährt damit nach (35).

2. Von dem so mit Wasser ausgekochten Rückstand übergiesst man eine 35
Probe mit verdünnter Salzsäure. Löst er sich nicht, so erhitzt man

zum Kochen, findet auch dadurch keine vollständige Auflösung statt, so giesst man die Flüssigkeit in ein anderes Röhrchen ab, kocht den Rückstand mit concentrirter Salzsäure und vereinigt, wenn dadurch die Auflösung bewirkt wird, diese mit der erst abgegossenen Flüssigkeit.

Die Erscheinungen, welche bei der Behandlung mit Salzsäure stattfinden können und wohl beachtet werden müssen, sind: α. Aufbrausen, deutet auf Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff; β. Entwickelung von Chlor, weist auf Hyperoxyde, chromsaure Salze u. s. w. hin. γ. Entwickelung von Blausäuregeruch, deutet auf unlösliche Cyanmetalle. Da letztere zweckmässiger auf eine abweichende Art zerlegt werden, so ist ihnen ein eigener Abschnitt gewidmet (siehe §. 204).

a. Es erfolgt durch die Behandlung mit Salzsäure vollständige Lösung (oder es scheidet sich nur Schwefel [an Farbe und specifischem Gewicht zu erkennen und nach längerem Kochen durch Filtration leicht abzuscheiden] oder gallertartiges Kieselsäurehydrat aus); man verfährt, je nachdem man eine oder mehrere Basen und Säuren voraussetzen muss, nach §. 185 oder nach §. 190, nachdem man nöthigenfalls filtrirt hat. Der Körper gehört zur zweiten Classe. Der abfiltrirte Schwefel oder das abfiltrirte Kieselsäurehydrat wird, um deren Natur sicher festzustellen, nach §. 188, beziehungsweise nach §. 203 weiter geprüft.

b. Es bleibt ein anderweitiger Rückstand. In diesem Falle stellt man das Röhrchen, in welchem sich die mit Salzsäure gekochte Probe befindet, einstweilen bei Seite und versucht eine andere Probe des in Wasser unlöslichen oder durch Wasser bereits erschöpften Körpers durch Kochen mit Salpetersäure und nachherigen Zusatz von Wasser zu lösen. Entwickelt sich bei der Einwirkung der Salpetersäure Stickoxyd oder salpetrige Säure, so wird dadurch ein eingetretener Oxydationsprocess angezeigt.

α. *Die Probe löst sich beim Kochen mit Salpetersäure und nachherigem Zusatz von Wasser ganz, oder es bleibt nur ausgeschiedener Schwefel oder gallertartiges Kieselsäurehydrat ungelöst*: alsdann gehört der Körper gleichfalls zur zweiten Classe, man wählt diese Lösung zur weiteren Untersuchung auf Basen nach §. 185, beziehungsweise §. 189. III. (109) und verfährt im Uebrigen wie in (36).

β. *Es bleibt beim Kochen mit Salpetersäure und nachherigem Zusatz von Wasser ein anderweitiger Rückstand.* In diesem Falle geht man zu (40) über.

3. Löste sich der in Wasser unlösliche Rückstand weder in Salzsäure noch in Salpetersäure vollständig auf, so versucht man durch Königs-

wasser eine totale Lösung desselben zu erzielen. Man mischt zu dem Ende den Inhalt des Röhrchens, in welchem man die Lösung mit Salpetersäure versucht hat, mit dem Inhalt dessen, in dem man die Lösung mit concentrirter Salzsäure versucht hat, erhitzt zum Sieden, giesst, wenn vollständige Lösung nicht erfolgte, die klare Flüssigkeit ab, erhitzt den Rückstand mit concentrirtem Königswasser einige Zeit und fügt nun sowohl die erst abgegossene verdünntere Königswasserlösung, als auch die Lösung in verdünnter Salzsäure zu, welche man in (35) abgegossen hat. Nachdem man das Ganze nochmals zum Sieden erhitzt hat, beobachtet man, ob vollständige Lösung eingetreten ist, oder ob auch bei der Einwirkung des Königswassers ein darin unlöslicher Rückstand blieb. — Im letzteren Falle filtrirt man die Lösung, nöthigenfalls nach Zusatz von etwas Wasser*), ab, wäscht den Niederschlag mit siedendem Wasser aus und verfährt mit dem mit den Waschwassern vereinigten Filtrate, je nachdem man in der Lösung eine oder mehrere Basen und Säuren voraussetzen muss, nach §. 185 oder nach §. 190, — im ersteren Falle verfährt man auf dieselbe Weise mit der klaren Lösung**).

4. Hat kochendes Königswasser einen Rückstand gelassen, so verfährt 41
man mit demselben, nachdem er mit Wasser vollständig ausgewaschen worden ist, je nachdem man darin eine oder mehrere Basen und Säuren voraussetzen muss, nach §. 188 oder nach §. 203.

B. Der Körper ist ein Metall oder eine Metalllegirung.

§. 181.

Regulinische Metalle theilt man am besten nach ihrem Verhalten zu 42
Salpetersäure in folgender Weise ein.

I. Metalle, welche von Salpetersäure nicht angegriffen werden: Gold, Platin.

II. Metalle, welche von Salpetersäure oxydirt werden, deren Oxyde sich aber weder in Säureüberschuss noch in Wasser (in irgend erheblicher Menge) lösen: Antimon, Zinn.

III. Metalle, welche von Salpetersäure oxydirt und in salpetersaure Salze übergeführt werden, die sich in der

*) Trübung hierbei deutet auf Wismuth oder Antimon und ist durch Zusatz von Salzsäure zu beseitigen. — **) Scheiden sich aus der sauren Lösung beim Erkalten spiessige Kryställchen aus, so sind diese in der Regel Chlorblei. Es ist dann oft zweckmässig, die Lösung von den Krystallen abzugiessen und jene wie diese für sich zu untersuchen. — Hat sich beim Kochen mit Königswasser aus Zinnoxyd Metazinnchlorid gebildet, so trübt sich das dasselbe auflösende Waschwasser beim Eintröpfeln in die erst abgelaufene stark saure Flüssigkeit. Man fange alsdann das Waschwasser in einem besonderen Gefässe auf, behandle beide Lösungen gesondert mit Schwefelwasserstoff nach §. 190, filtrire aber dann durch ein und dasselbe Filter ab.

überschüssigen Säure oder in Wasser auflösen: alle übrigen.

Demzufolge übergiesst man ein Theilchen des Körpers mit Salpetersäure von 1,20 specif. Gewicht und erhitzt.

1. Es erfolgt vollständige Lösung oder es lässt sich eine solche durch Zusatz von Wasser bewirken: zeigt die Abwesenheit von Platin*), Gold, Antimon**) und Zinn. Man verfährt, je nachdem man nur ein oder aber mehrere Metalle voraussetzen muss, nach §. 182 oder §. 189. III. (109).
2. Es bleibt ein Rückstand:
   a. *ein metallischer.* Man filtrirt ab und verfährt mit der Lösung, nachdem man geprüft hat, ob überhaupt etwas aufgelöst worden, nach §. 189. III. (109); den Rückstand aber befreit man durch Abspülen von allen gelösten Metallen, löst in Königswasser und prüft die Lösung nach §. 128 auf Gold und Platin.
   b. *ein weisser, pulveriger:* deutet auf Antimon und Zinn. Man filtrirt ab, prüft, ob etwas aufgelöst worden sei, und verfährt mit dem Filtrat nach §. 189. III. (109), — den Rückstand aber prüft man, nachdem er vollständig ausgewaschen worden ist, nach §. 134. 5 auf Antimonoxyd, Zinnoxyd und Arsensäure (von welcher sich wenigstens ein Theil in diesem Niederschlage, verbunden mit Antimon- oder Zinnoxyd, findet).

III. Eigentliche Untersuchung.

Einfache Verbindungen***).

A. In Wasser lösliche Körper.

Auffindung der Base†).

§. 182.

1. Man setzt zu einem Theilchen der wässerigen Lösung etwas Salzsäure.

---

*) Legirungen von Silber und Platin mit geringem Platingehalte lösen sich in Salpetersäure. — **) Sehr kleine Spuren von Antimon gehen oft vollständig in die Lösung über. — ***) Diesen Namen wähle ich der Kürze halber hier und in der Folge für solche Verbindungen, in welchen nur eine Basis und eine Säure, oder ein Metall und ein Nichtmetall vorausgesetzt wird. Der vorliegende Abschnitt hat vorzugsweise den Zweck, den Unterricht in der Analyse zu erleichtern, indem es zweckmässig ist, der Untersuchung zusammengesetzter Körper die Analyse einfacher Verbindungen vorausgehen zu lassen. — Bei gültigen Analysen kann man von diesem Abschnitte nur ausnahmsweise Gebrauch machen, da es kein äusserliches Merkmal gibt, welches erkennen lässt, ob ein Körper nur eine Base oder Säure oder ob er mehrere enthält. — †) Bei diesem Gange ist zugleich auf die Arseniksäuren und auf Kieselsäure Rücksicht genommen, da ihre Ausmittelung im Wege liegt.

a. Es entsteht kein Niederschlag; deutet auf die Abwesenheit des Silbers und Quecksilberoxyduls, wie auch auf die Abwesenheit grösserer Mengen von Blei. Man geht zu (50) über.

b. Es entsteht ein Niederschlag. Man theilt die Flüssigkeit, 47
in der er suspendirt ist, in zwei Theile und setzt zum einen Ammon im Ueberschuss.

α. *Der Niederschlag verschwindet, die Flüssigkeit wird klar.* Er ist alsdann Chlorsilber gewesen und zeigt die Gegenwart des Silbers an. Zur Ueberzeugung prüft man die ursprüngliche Lösung mit chromsaurem Kali und mit Schwefelwasserstoff (siehe §. 115. 4 und 138. 7).

β. *Der Niederschlag wird schwarz.* Er war alsdann Quecksilber- 48
chlorür, welches durch das Ammon in Quecksilberamidürchlorür verwandelt worden ist. Man erkennt daraus die Anwesenheit des Quecksilberoxyduls. Zur Ueberzeugung prüft man die ursprüngliche Lösung mit Zinnchlorür und mit metallischem Kupfer (siehe §. 116).

γ. *Der Niederschlag bleibt unverändert.* Er ist alsdann Chlorblei, 49
welches von Ammon nicht gelöst wird. Man erkennt daraus die Gegenwart des Bleies. Man überzeugt sich von seiner Anwesenheit erstens dadurch, dass man die zweite Hälfte der Flüssigkeit, in welcher der durch Salzsäure hervorgebrachte Niederschlag suspendirt ist, mit vielem Wasser verdünnt und erhitzt. Der Niederschlag muss sich auflösen, wenn er wirklich Chlorblei ist; zweitens durch Prüfung von Proben der ursprünglichen Lösung mit Schwefelwasserstoff und mit Schwefelsäure (§. 117. 4 und 8).

2. Zu der mit Salzsäure angesäuerten Flüssigkeit setzt man Schwefel- 50
wasserstoffwasser, bis dieselbe auch nach dem Umschütteln deutlich danach riecht, erhitzt, fügt nochmals etwas Schwefelwasserstoffwasser zu und lässt kurze Zeit stehen*).

a. Die Flüssigkeit bleibt klar. Man geht zu (56) über, denn Blei, Wismuth, Kupfer, Cadmium, Quecksilberoxyd, Gold, Platin, Zinn, Antimon, Arsenik und Eisenoxyd sind nicht zugegen.

b. Man erhält einen Niederschlag.

α. Derselbe ist weiss. Er rührt alsdann von ausgeschiedenem 51
Schwefel her und deutet auf eine den Schwefelwasserstoff unter Schwefelausscheidung zerlegende Substanz**). Von den Metall-

---

*) Entsteht bei Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser sogleich ein Niederschlag, so ist Erwärmung etc. nicht erforderlich, bleibt aber die Flüssigkeit klar oder trübt sie sich nur ein wenig, so muss obiges Verfahren streng eingehalten werden, wenn man nicht Gefahr laufen will, Arsensäure und Zinnoxyd zu übersehen. **) Geht dabei die Farbe der Lösung aus Rothgelb in Grün über, so deutet dies auf Chromsäure.

oxyden ist darunter Eisenoxyd die am häufigsten vorkommende (§. 111. 3). Man prüft darauf mit Ammon und mit Ferrocyankalium in der ursprünglichen Lösung (§. 111. 5 und 6). Findet man dieses nicht, so geht man zu (56) über.

β. Der Niederschlag ist gelb. Er kann alsdann Schwefelcad- 52
mium, Schwefelarsenik und Zinnsulfid sein und deutet demnach entweder auf Cadmium, auf Arsenik oder Zinnoxyd hin. Zur Unterscheidung dieser Fälle setzt man zu einer Probe der Flüssigkeit, in welcher der Niederschlag suspendirt ist, Ammon im Ueberschuss, fügt etwas Schwefelammonium zu und erwärmt.

aa. *Er verschwindet nicht*: Cadmium, denn das Schwefelcadmium ist in Ammon und Schwefelammonium unlöslich. Ueberzeugung durch Prüfung der ursprünglichen Substanz oder des aus der Lösung durch kohlensaures Ammon gefällten Niederschlages mittelst des Löthrohres (§. 122. 9).

bb. *Er verschwindet*: Zinnoxyd oder Arsenik. Man setzt zu einem Theilchen der ursprünglichen Lösung Ammon.

αα. *Es entsteht ein weisser Niederschlag*: Zinnoxyd. Ueberzeugung durch Reduction dieses Niederschlages mit Cyankalium und Soda vor dem Löthrohre (§. 130. 8).

ββ. *Es entsteht kein Niederschlag*: Arsenik. Vergewisserung durch Darstellung eines Metallspiegels aus der ursprünglichen Substanz oder dem Schwefelarsenniederschlage mit Cyankalium und Soda oder auf eine sonstige Art, und ferner durch Behandeln der ursprünglichen Substanz mit Soda in der inneren Löthrohrflamme (§. 132. 12 und 13). Enthielt die Lösung arsenige Säure, so entstand der gelbe Niederschlag durch Schwefelwasserstoff sogleich, enthielt sie Arsensäure, so entstand er erst nach dem Erwärmen oder nach längerem Stehen. Wegen weiterer Unterscheidung vergleiche §. 134. 9.

γ. Der Niederschlag ist orangefarben. Er ist alsdann Anti- 5
monsulfür und deutet Antimonoxyd an. Man überzeugt sich durch Prüfung der ursprünglichen Lösung mit Zink im Platinschälchen (§. 131. 8).

δ. Der Niederschlag ist dunkelbraun. Er ist alsdann Zinn- 5
sulfür und deutet Zinnoxydul an. Zur Ueberzeugung prüft man ein Theilchen der ursprünglichen Lösung mit Quecksilberchloridlösung (§. 129. 8).

ε. Der Niederschlag ist braunschwarz oder schwarz. Er 5
kann alsdann Schwefelblei, Schwefelkupfer, Schwefelwismuth, Schwefelgold, Schwefelplatin und Quecksilbersulfid sein. Man macht zur Unterscheidung dieser Fälle folgende Versuche mit der ursprünglichen Lösung.

aa. Zu einem Theilchen setzt man verdünnte Schwefelsäure. Weisser Niederschlag: Blei. Ueberzeugung durch chromsaures Kali (§. 117. 9).

bb. Zu einem Theilchen setzt man Kali- oder Natronlauge. Gelber Niederschlag: Quecksilberoxyd. Ueberzeugung mit Zinnchlorür und metallischem Kupfer (§. 119).

Die Anwesenheit des Quecksilberoxyds gibt sich in der Regel schon dadurch zu erkennen, dass der Niederschlag, welcher durch Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser entsteht, nicht gleich von Anfang schwarz erscheint, sondern erst bei Zusatz von überschüssigem Fällungsmittel durch Weiss, Gelb und Orange in diese Farbe übergeht (§. 119. 3). — Bei sehr sauren Lösungen führt die Prüfung mit Kali- oder Natronlauge nicht zum Ziel (§. 119. 4).

cc. Zu einem Theilchen setzt man Ammon im Ueberschuss. Bläulicher Niederschlag, sich im Ammonüberschuss mit lasurblauer Farbe lösend, oder auch nur klare lasurblaue Flüssigkeit: Kupfer. Ueberzeugnng mit Ferrocyankalium (§. 120. 9).

dd. Ist durch Ammon ein weisser, im Ammonüberschuss unlöslicher Niederschlag entstanden, so filtrirt man ihn ab, löst nach dem Auswaschen einen Theil desselben auf einem Uhrglase in 1 bis 2 Tropfen Salzsäure unter Zusatz von 2 Tropfen Wasser und fügt dann mehr Wasser zu. Entsteht eine milchige Trübung, so rührt sie von basischem Chlorwismuth her und lässt also Wismuth erkennen. Ueberzeugung durch Prüfung des noch übrigen durch Ammon erhaltenen Niederschlages mittelst einer Auflösung von Zinnchlorür in Natronlauge (§. 121. 10).

ee. Zu einem Theilchen der ursprünglichen Lösung setzt man Eisenvitriollösung. Entsteht ein feiner, schwarzer Niederschlag von regulinischem Gold, so ist dieses Metall zugegen. Ueberzeugung durch Behandeln dieses Niederschlages vor dem Löthrohre oder durch Prüfung der ursprünglichen Lösung mit Zinnchlorür (§. 126).

ff. Zu einem Theilchen der Lösung setzt man Chlorkalium und Weingeist. Entsteht ein gelber krystallinischer Niederschlag, so ist Platin zugegen. Ueberzeugung durch Glühen dieses Niederschlages (§. 127).

3. Zu einem Theilchen der ursprünglichen Lösung setzt man Salmiak*), 56
sodann Ammon bis zur alkalischen Reaction, endlich, gleichgültig ob durch Ammon ein Niederschlag entstand oder nicht, ein wenig Schwefelammonium und erwärmt, wenn in der Kälte noch kein Niederschlag entstanden ist.

*) Der Zusatz des Salmiaks hat den Zweck, die Fällung etwa anwesender Magnesia durch Ammon zu verhindern.

a. Es entsteht kein Niederschlag. Man geht zu (62) über, denn Eisen, Kobalt, Nickel, Mangan, Zink, Chrom, Thonerde und Kieselsäure sind nicht vorhanden *).

b. Es entsteht ein Niederschlag.

α. *Er ist schwarz*: Eisenoxydul**), Nickel oder Kobalt. Man versetzt 57
ein Theilchen der ursprünglichen Lösung mit Kali- oder Natronlauge.

aa. Man erhält einen schmutzig grünlich-weissen Niederschlag, der an der Luft sehr bald rothbraun wird, Eisenoxydul. Man überzeugt sich durch Ferridcyankalium (§. 110).

bb. Man erhält einen hellgrünlichen Niederschlag, der seine Farbe nicht ändert, Nickel. Ueberzeugung durch Ammon und Zusatz von Kali oder Natron (§. 108).

cc. Man erhält einen himmelblauen, beim Kochen hellroth oder auch missfarbig und dunkel werdenden Niederschlag, Kobalt. Ueberzeugung durch das Löthrohr (§. 109).

β. *Er ist nicht schwarz.* 5

aa. Ist er deutlich fleischroth, so ist er Schwefelmangan und deutet Manganoxydul an. Man überzeugt sich durch Zusatz von Natron zur ursprünglichen Lösung oder durch das Löthrohr (§. 107).

bb. Ist er bläulich-grün, so ist er Chromoxydhydrat und deutet also auf Chromoxyd. Man überzeugt sich, indem man die ursprüngliche Lösung mit Natron prüft und vor dem Löthrohre (§. 102).

cc. Ist er weiss und beim Erwärmen mit etwas mehr Schwefel- 5
ammonium in diesem nicht löslich***), so kann er Thonerdehydrat, Kieselsäurehydrat oder Schwefelzink sein, also entweder Thonerde oder Zinkoxyd oder Kieselsäure anzeigen, welche letztere dann in der Regel in Form eines kieselsauren Alkalis in der ursprünglichen Lösung enthalten ist. — Man setzt zur weiteren Unterscheidung zu einem Theilchen der

---

*) Sicher ist dieser Schluss in Betreff der Thonerde und mancher der genannten Schwermetalle nur, wenn organische Substanzen, insbesondere nichtflüchtige organische Säuren, nicht vorhanden sind, da solche nicht allein die Fällung der Thonerde und des Chromoxyds, sondern auch die des Mangans etc. beeinträchtigen oder verhindern können (vergl. §. 107. 5). Enthält daher die ursprüngliche Substanz organische Körper und lässt die vorläufige Prüfung auf Metalle der dritten und vierten Gruppe schliessen, so schmelze man eine Probe der Substanz mit kohlensaurem und salpetersaurem Natron, weiche mit Wasser auf, erwärme mit Salzsäure, filtrire und prüfe die so erhaltene Lösung nach (56). — **) Eisenoxyd muss schon in (51) gefunden worden sein. — ***) Ein durch Schwefelammonium entstandener weisser, beim Erwärmen mit mehr Schwefelammonium in diesem löslicher Niederschlag würde Schwefel sein, der durch Einwirkung eines das Schwefelammonium in alkalischer Lösung zersetzenden Körpers, z. B. eines Ferridcyanmetalles, ausgeschieden wurde.

ursprünglichen Lösung vorsichtig Natronlauge, wartet, ob dadurch ein Niederschlag entsteht, und fügt sodann mehr Natronlauge zu, bis sich derselbe wieder gelöst hat.

$\alpha\alpha$. Entstand durch Natronlauge kein Niederschlag, so hat 60
man Grund, auf Kieselsäure zu prüfen. Man verdampft alsdann eine Probe der ursprünglichen Lösung mit überschüssiger Salzsäure zur Trockne und nimmt den Rückstand mit Salzsäure und Wasser auf (§. 150. 2), wobei die Kieselsäure ungelöst bleibt. Das in Lösung übergehende Alkali bestimmt man sodann nach (65).

$\beta\beta$. Entstand durch Natronlauge ein Niederschlag, der sich im Ueberschuss wieder löst, so fügt man zu einer Probe dieser alkalischen Flüssigkeit etwas Schwefelwasserstoffwasser (das heisst nur so viel, dass noch ein erheblicher Ueberschuss von Natronhydrat unverändert bleibt). Weisser Niederschlag: Zink. Ueberzeugung durch Kobaltsolution vor dem Löthrohre (§. 106). Entstand durch Schwefelwasserstoff kein Niederschlag, so fügt man zum Reste der alkalischen Flüssigkeit Chlorammonium und erhitzt. Weisser Niederschlag, auch in weiter zugesetztem Chlorammonium nicht löslich: Thonerde. Ueberzeugung durch Kobaltsolution vor dem Löthrohre (§. 101).

Bemerkung zu (58) und (59).

Da sehr geringe Verunreinigungen die Farben der in (58) und (59) betrachteten Niederschläge undeutlich machen können, so ist, im Falle dieses stattzufinden scheint, zur Entdeckung des Mangans, Zinks, der Thonerde, des Chromoxyds und der Kieselsäure folgender Weg einzuschlagen.

Man setzt zu einem Theilchen der ursprünglichen Lösung Natronlauge erst in geringer Menge, dann im Ueberschusse.

aa. *Es entsteht kein Niederschlag*, deutet auf Kieselsäure. Man 61
verfährt nach (60).

bb. *Es entsteht ein weisslicher Niederschlag*, der sich im Ueberschuss des Fällungsmittels nicht löst und an der Luft bald braunschwarz wird: Mangan. Man überzeugt sich durch das Löthrohr (§. 107).

cc. *Es entsteht ein Niederschlag*, der sich im Ueberschuss des Natrons löst: Chromoxyd, Thonerde, Zinkoxyd.

$\alpha\alpha$. Man setzt zu einer Probe der alkalischen Lösung etwas Schwefelwasserstoffwasser (das heisst nur so viel, dass noch ein erheblicher Ueberschuss von Natronhydrat unverändert bleibt). Weisser Niederschlag: Zink.

$\beta\beta$. Im Falle die ursprüngliche Lösung grün oder violett, oder die alkalische Lösung grün erscheint, und im Falle der durch Natron erzeugte, im Ueberschuss sich wieder lösende Niederschlag bläulich war, ist Chromoxyd zugegen. Ueberzeugung durch Kochen der alkalischen Lösung und durch das Löthrohr (§. 102).

$\gamma\gamma$. Man setzt der alkalischen Lösung Chlorammonium zu und erhitzt. Weisser Niederschlag, auch in weiter zugesetztem Chlorammonium nicht löslich: Thonerde. Ueberzeugung durch Kobaltsolution vor dem Löthrohre (§. 101).

4. Man fügt zu einem Theilchen der ursprünglichen Lösung Chlorammonium und kohlensaures Ammon, dem etwas Aetzammon zugesetzt ist, und erwärmt gelinde. 63

a. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit von Baryt, Strontian und Kalk. Man geht zu (64) über.

b. Es entsteht ein Niederschlag: Anwesenheit von Baryt, Strontian oder Kalk. 63

Man filtrirt den Niederschlag ab, wäscht ihn aus, löst ihn in verdünnter Salzsäure, verdampft die Lösung zur Trockne, erwärmt den Rückstand mit Wasser, filtrirt und setzt zu einer Probe dieser Lösung Gypssolution in ziemlicher Menge.

α. *Es entsteht auch nach* 5 *bis* 10 *Minuten keine Trübung*: Kalk. Ueberzeugung durch oxalsaures Ammon (§. 97).

β. *Es entsteht von Anfang keine Trübung, wohl aber nach einiger Zeit*: Strontian. Man überzeugt sich durch die Flammenfärbung (§. 96. 7 oder 8).

γ. *Es entsteht sogleich ein Niederschlag*: Baryt. Man überzeugt sich mit Kieselfluorwasserstoffsäure (§. 95).

5. Zu der Probe von (62), in welcher man durch kohlensaures Ammon nach Salmiakzusatz keinen Niederschlag erhalten hat, setzt man phosphorsaures Natron, fügt noch etwas Ammon zu und reibt die Gefässwände gelinde mit einem Glasstabe. 63

a. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit der Magnesia. Man geht zu (65) über.

b. Es entsteht ein krystallinischer Niederschlag: Magnesia.

6. Man verdampft einen Tropfen der ursprünglichen Lösung auf ganz blankem Platinblech möglichst langsam und glüht zuletzt gelinde. 63

a. Es bleibt kein fixer Rückstand. Man prüft alsdann auf Ammon, indem man zur ursprünglichen Lösung Kalkhydrat setzt und den Geruch, die Nebel mit Essigsäure und die Reaction des entweichenden Gases prüft (§. 91).

b. Es bleibt ein fixer Rückstand: Kali oder Natron. Man setzt 66
zu einem Theilchen der ursprünglichen Lösung (welche, sofern sie verdünnt sein sollte, erst durch Abdampfen stark zu concentriren ist) Platinchlorid und schüttelt etwas um oder reibt mit einem Glasstabe.

α. *Kein Niederschlag, auch nicht nach* 10 *bis* 15 *Minuten*: Natron. Ueberzeugung durch Flammenfärbung oder durch antimonsaures Kali (§. 90).

β. *Gelber krystallinischer Niederschlag*: Kali. Ueberzeugung durch Weinsteinsäure oder durch Flammenfärbung (§. 89).

Einfache Verbindungen.

A. In Wasser lösliche Körper. Auffindung der Säure.

I. Einer anorganischen.

§. 183.

Man überlegt vor Allem, welche Säuren überhaupt mit der gefundenen Base in Wasser lösliche Verbindungen bilden (vergl. Anhang IV.), und nimmt bei der folgenden Untersuchung hierauf, wie auch auf die Resultate der vorläufigen Prüfung Rücksicht.

1. Die arsenige und die Arsensäure erkennt man schon beim Auf- 67
suchen der Basen; man unterscheidet sie durch ihr Verhalten zu salpetersaurem Silberoxyd oder zu Kali und Kupfervitriol etc. (siehe §. 134. 9).

2. Auf die Kohlensäure in Verbindung mit Basen, auf Schwefel in 68
Form von Schwefelmetallen und Chromsäure wird man ebenfalls schon bei dem Aufsuchen der Base nach dem vorgeschriebenen Gange hingewiesen. Die beiden ersten geben sich durch Aufbrausen beim Zusatz von Salzsäure zu erkennen; man unterscheidet die entweichenden Gase, Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff, leicht durch den Geruch und überzeugt sich nöthigenfalls von der Anwesenheit der Kohlensäure durch Kalkwasser (siehe §. 149), von der des Schwefelwasserstoffs durch Bleizuckerlösung (§. 156). Diese Mittel lassen auch freien Schwefelwasserstoff und freie Kohlensäure in wässeriger Lösung erkennen. — Auf die Chromsäure wird man in allen Fällen durch die gelbe oder rothe Farbe der Lösung, sowie durch den Farbenwechsel derselben und die Schwefelabscheidung beim Zusatz des Schwefelwasserstoffwassers hingewiesen. Man überzeugt sich von ihrer Anwesenheit durch Blei- und Silbersolution (§. 138).

3. Man macht eine Probe mit Salzsäure, oder — wenn Silberoxyd oder 69
Quecksilberoxydul gefunden wurde — mit Salpetersäure sauer und fügt etwas Chlorbaryum, beziehungsweise salpetersauren Baryt, zu. Sollte sich bei Zusatz von Salzsäure ein gelatinöser Niederschlag

von Kieselsäurehydrat ausscheiden, so wiederholt man den Versuch, nachdem man die Flüssigkeit stärker verdünnt hat, auch empfiehlt es sich dann, das Ansäuern in einem Acte vorzunehmen, vergl. §. 150. 2.

a. Die Flüssigkeit bleibt klar: Abwesenheit der Schwefelsäure. Man geht zu (70) über.

b. Man erhält einen weissen feinpulverigen Niederschlag: Schwefelsäure. Derselbe muss ungelöst bleiben, auch wenn man noch etwas mehr verdünnte Salzsäure oder Salpetersäure zufügt.

4. Man setzt zu einer neuen Probe, nachdem sie bei saurer Reaction 70
mit Ammon neutral oder schwach alkalisch gemacht worden ist und nachdem man nöthigenfalls filtrirt hat, Gypssolution.

a. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit der Phosphorsäure, Kieselsäure, Oxalsäure und des Fluors. Man geht zu (73) über.

b. Es entsteht ein Niederschlag. Man setzt Essigsäure im Ue- 7
berschuss zu.

α. *Er löst sich leicht auf*: Phosphorsäure oder Kieselsäure. Man verdampft eine Probe der ursprünglichen Lösung nach dem Ansäuern mit Salzsäure zur Trockne und behandelt den Rückstand mit etwas Salzsäure und Wasser. Bleibt ein unlöslicher Rückstand, so ist derselbe Kieselsäure. Bleibt keiner, so versetzt man eine Probe der ursprünglichen Lösung mit Salmiak, schwefelsaurer Magnesia und Ammon. Ein krystallinischer Niederschlag lässt die Phosphorsäure erkennen (§. 142).

β. *Er löst sich schwer oder nicht auf*: Oxalsäure oder Fluor. 7
Der oxalsaure Kalk ist pulverig, das Fluorcalcium flockig gelatinös. Man überzeugt sich von der Anwesenheit der Oxalsäure durch Behandlung der ursprünglichen Substanz mit Braunstein und Schwefelsäure (§. 145), von der des Fluors durch Glasätzung (§. 146).

5. Man macht eine neue Probe mit Salpetersäure sauer und setzt als- 7
dann Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zu.

a. Die Flüssigkeit bleibt klar: sichere Abwesenheit von Chlor, Brom, Jod, Ferro- und Ferridcyan, wahrscheinliche von Cyan (in einfachen Cyanmetallen).

(Von den löslichen Cyanmetallen wird nämlich das Quecksilbercyanid durch salpetersaures Silberoxyd nicht gefällt; ob man auf dieses Rücksicht zu nehmen hat, ersieht man aus der gefundenen Base; wie man in demselben das Cyan nachweist, siehe §. 155. 11.)

Man geht zu (76) über.

b. Es entsteht ein Niederschlag.

α. *Ein orangefarbener*: Ferridcyan. Ueberzeugung mit Eisen- 74
vitriol (§. 155. Anhang).

β. *Ein weisser oder gelblich-weisser.* Man behandelt den Niederschlag, wenn die Basis ein Alkali oder eine alkalische Erde war, unmittelbar, wenn sie dagegen eine Erde oder das Oxyd eines Schwefelmetalles gewesen, nach dem Abfiltriren und Auswaschen, mit überschüssigem Ammon.

αα. Er löst sich nicht: Jod oder Ferrocyan. Im ersteren Falle ist der Niederschlag blassgelb, im zweiten weiss, gelatinös. Man überzeugt sich von der Anwesenheit des Jods durch Stärkemehl und Untersalpetersäure (§. 154), von der des Ferrocyans durch Eisenchlorid (§. 155. Anhang).

ββ. Er löst sich: Chlor, Brom oder Cyan. War Cyan zuge- 75
gen, so riecht die ursprüngliche Substanz meist nach Blausäure, und der Silberniederschlag löst sich etwas schwieriger in Ammon. Ueberzeugung durch Zusatz von Eisenvitriol, Natronlauge und dann von Salzsäure zur ursprünglichen Lösung (§. 155). — War Brom zugegen, so färbt sich die ursprüngliche Lösung mit Chlorwasser gelb, bei kleinen Mengen nimmt man Chloroform oder Schwefelkohlenstoff zu Hülfe (§. 153). — War Brom und Cyan nicht zugegen, so rührt der Silberniederschlag von Chlor her.

6. Man setzt zu einer kleinen Probe der wässerigen Lösung vorsichtig 76
Salzsäure, bis eben deutlich sauer, taucht ein Streifchen Curcumapapier ein und trocknet dasselbe bei 100° C. Erscheint die eingetauchte Hälfte braunroth, so ist Borsäure zugegen. Ueberzeugung durch Zusatz von Schwefelsäure und Weingeist und Entzünden des letzteren (§. 144).

7. Auf Salpetersäure und Chlorsäure wird man in der Regel schon 77
bei der vorläufigen Prüfung hingeführt (6). Man überzeugt sich von der Anwesenheit der ersteren mit Schwefelsäure und Eisenvitriol (§. 159), von der der letzteren durch Prüfung des festen Salzes mit concentrirter Schwefelsäure (§. 160).

Einfache Verbindungen.

A. In Wasser lösliche Körper. Auffindung der Säure.

II. Einer organischen.

§. 184.

Man überlegt vor Allem, welche Säuren überhaupt mit der gefundenen Base in Wasser lösliche Verbindungen bilden (vergl. Anhang IV.)

und nimmt bei der folgenden Prüfung hierauf, wie auch auf das Resultat der vorläufigen Untersuchung Rücksicht.

Der folgende Gang setzt voraus, dass die organische Säure frei, oder an ein Alkali oder eine alkalische Erde gebunden vorhanden sei. Ist daher die Base eine andere, so muss sie zuvor abgeschieden werden. Gehört sie der Gruppe V. oder VI. an, so geschieht dies durch Schwefelwasserstoff, gehört sie zur Gruppe IV. durch Schwefelammonium. Nachdem das Schwefelmetall abfiltrirt und überschüssiges Schwefelammonium durch Ansäuern mit Salzsäure, Erwärmen und Abfiltriren des Schwefels beseitigt ist, geht man zum folgenden Gange (78) über. — Ist die Base Thonerde oder Chromoxyd, so versuche man zunächst eine Ausfällung derselben durch Kochen mit kohlensaurem Natron; gelingt diese nicht, wie es der Fall sein kann, wenn die Säure eine nicht flüchtige ist, so fälle man diese in einer neuen Portion der Lösung mit neutralem essigsaurem Bleioxyd, wasche den Niederschlag aus, vertheile ihn in Wasser, leite Schwefelwasserstoff ein, filtrire das Schwefelblei ab und verfahre mit dem Filtrat nach dem folgenden Gange. — Thonerde lässt sich aus ihren Verbindungen mit nicht flüchtigen organischen Säuren auch durch Wasserglaslösung als kieselsaure Thonerde ausfällen. — Zur Trennung von Essigsäure oder Ameisensäure von Basen, welche deren Nachweisung erschweren, kann man auch das Salz mit verdünnter Schwefelsäure destilliren und die Säure im Destillate nachweisen.

1. Man setzt zu einem Theilchen der wässerigen Lösung Ammon bis zur schwach alkalischen Reaction, dann Chlorcalcium in nicht zu geringer Menge. Im Falle die Lösung neutral oder nur schwach sauer war, fügt man vor dem Zusatze des Chlorcalciums Chlorammonium zu. 78
   a. Es entsteht kein Niederschlag, auch nicht nach dem Umschütteln und nach Verlauf einiger Minuten: Abwesenheit der Oxalsäure und Weinsteinsäure. Man geht zu (80) über.
   b. Es entsteht ein Niederschlag. 79
      α. *Derselbe entsteht erst nach einiger Zeit und ist krystallinisch*: Weinsteinsäure. Ueberzeugung durch Prüfung des Verhaltens des ausgewaschenen Niederschlages zu Aetznatron oder zu Ammon und salpetersaurem Silberoxyd, oder auch durch Prüfung der wässerigen Lösung mit essigsaurem Kali und Essigsäure (§. 163).
      β. *Derselbe entsteht sogleich und ist feinpulverig*: Oxalsäure. Ueberzeugung durch Prüfung einer neuen Probe der wässerigen, mit Essigsäure angesäuerten Lösung mit Gypssolution (§. 145).

2. Die Flüssigkeit von 1. a. erhitzt man zum Kochen, erhält sie darin eine Zeit lang und setzt der kochenden Flüssigkeit noch etwas Ammon zu. 80
   a. Sie bleibt klar: keine Citronensäure. Man geht zu (81) über.
   b. Sie trübt sich und setzt einen Niederschlag ab: Citro-

nensäure*). Man überzeugt sich, indem man das Bleisalz der Säure darstellt und das Verhalten des ausgewaschenen zu Ammon (worin es leicht löslich sein muss) prüft, besser noch durch Darstellung und mikroskopische Betrachtung des charakteristisch krystallisirenden Barytsalzes (§. 164).

3. Die Flüssigkeit von 2. a. vermischt man mit 2. Vol. Alkohol. 81
   a. Sie bleibt klar auch bei längerem Stehen: keine Aepfelsäure, keine Bernsteinsäure. Man geht zu (82) über.
   b. Sie wird gefällt: Aepfelsäure oder Bernsteinsäure. Man erhitzt eine Probe der ursprünglichen festen Substanz mit Salpetersäure, verdampft damit zur Trockne, kocht den Rückstand mit einer Lösung von kohlensaurem Natron, filtrirt nöthigenfalls, neutralisirt genau mit Salzsäure und prüft eine Probe dieser Lösung mit Gypssolution, eine zweite mit Eisenchlorid. Eine Fällung (von oxalsaurem Kalk) durch jene zeigt Aepfelsäure **), ein Niederschlag durch dieses Bernsteinsäure an. Zu weiterer Ueberzeugung stelle man das Bleisalz der betreffenden Säure dar und prüfe seine Eigenschaften, vergl. §. 165. 5 und §. 168. 5.

4. Man macht eine Probe der ursprünglichen Lösung, im Falle sie es 82
nicht schon ist, durch Ammon oder Salzsäure ganz neutral und setzt Eisenchloridlösung zu.
   a. Es entsteht ein röthlich-gelber voluminöser Niederschlag: Benzoësäure. Ueberzeugung durch Behandeln der trocknen ursprünglichen Substanz mit Salzsäure (§. 169. 2).
   b. Es entsteht eine ziemlich intensive tiefrothe Färbung 83
der Flüssigkeit, und beim Kochen scheidet sich ein hellrothbrauner Niederschlag ab: Essigsäure oder Ameisensäure.

Man erwärmt ein Theilchen des zu untersuchenden festen Salzes oder des durch Abdampfen der Flüssigkeit (wenn sie sauer ist, muss zuvor Natron bis zur Neutralität zugesetzt werden) erhaltenen Rückstandes mit Schwefelsäure und Alkohol (§. 171). Geruch nach Essigäther gibt Essigsäure zu erkennen.

Von der Anwesenheit der Ameisensäure, auf welche man schliessen muss, wenn man keine Essigsäure gefunden hat, überzeugt man sich durch Quecksilberchlorid und salpetersaures Silberoxyd (§. 172).

---

*) Enthält das Ammon Kohlensäure, so kann hier ein Niederschlag von kohlensaurem Kalk entstehen, was zu beachten. Durch ihr Verhalten zu Salzsäure lassen sich kohlensaurer und citronensaurer Kalk leicht unterscheiden. — **) Vergl. §. 165. 1. am Schluss.

Einfache Verbindungen.

B. In Wasser unlösliche oder schwer lösliche, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser lösliche Körper.

Auffindung der Base*).

§. 185.

Einen Theil der Lösung in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswas- 84
ser verdünnt man mit Wasser**) und verfährt sodann zur Prüfung auf Basen der zweiten, fünften und sechsten Gruppe nach §. 182, indem man, im Falle die Auflösung eine salpetersaure ist, bei (46), im Falle sie aber schon Salzsäure enthält, bei (50) beginnt. — Es ist hierbei zu beachten, dass in Lösungen, welche nur durch Vermittelung von Salzsäure bereitet werden, die Oxyde in der Regel in dem Zustande in Lösung übergehen, in welchem sie vorhanden sind, während beim Auflösen in Salpetersäure oder Königswasser niedrigere Oxydationsstufen theilweise oder ganz in höhere überzugehen pflegen. Hat man daher etwa eine Königswasserlösung bereitet und findet man darin Eisenoxyd, Quecksilberoxyd oder Zinnoxyd, so bedarf es einer besonderen Prüfung um festzustellen, in welcher Oxydationsstufe die Metalle ursprünglich vorhanden waren, sofern sich die Sache nicht bereits aus dem Verhalten der Körper zu den Lösungsmitteln selbst mit Gewissheit ergibt. Oefters, z. B. bei Quecksilbersalzen, führt Behandlung mit Kali- oder Natronlauge sofort zur Entscheidung, indem diese aus Quecksilberoxydsalzen gelbes Oxyd, aus Quecksilberchlorür etc. schwarzes Oxydul abscheiden, während die Säuren an das Alkali treten und im Filtrate leicht nachzuweisen sind.

Bei der Prüfung auf Basen der dritten und vierten Gruppe mit Schwefelammonium nach (56) erleidet dagegen der gewöhnliche Gang unter Umständen eine Ausnahme, indem dabei Folgendes wohl zu beachten ist: Hat man einen in Wasser löslichen Körper und man bekommt bei Zusatz von Salmiak, Ammon und Schwefelammonium einen weissen Niederschlag, so kann dieser nur Schwefelzink, Thonerdehydrat, Kieselsäurehydrat oder Schwefel sein, wie wir oben (59) gesehen haben. Anders verhält es sich, wenn der Körper in Wasser nicht löslich war, von Salzsäure aber aufgenommen wurde. Es kann nämlich alsdann ein solcher, durch Ammon bei Gegenwart von Salmiak hervor-

*) Bei diesem Gange ist zugleich auf einige Salze der alkalischen Erden Rücksicht genommen, da man geradezu auf dieselben hingeführt wird. — **) Entsteht beim Zusatz des Wassers eine weisse Trübung oder Fällung, so deutet dieselbe auf Antimon, Wismuth (möglichenfalls auch auf Zinn), vergleiche §. 121. 9. und §. 131. 4. Man erwärmt mit Salzsäure, bis die Lösung wieder klar geworden, und geht alsdann zu (50) über.

gebrachter, weisser Niederschlag auch von phosphorsauren, borsauren, oxalsauren, kieselsauren alkalischen Erden oder von Fluorverbindungen ihrer Metalle herrühren, da diese alle in Wasser unlöslich, in Salzsäure aber löslich sind und sich somit beim Abstumpfen derselben (da sie auch in Salmiaksolution wenig löslich sind) ausscheiden. Sind organische Substanzen zugegen, so können solche Niederschläge auch von Verbindungen mancher alkalischen Erden mit Weinsteinsäure oder Citronensäure herrühren. — Bekommt man demnach bei Untersuchung einer sauren Lösung, unter den angeführten Umständen, bei Befolgung des in §. 182 angegebenen Ganges in (56) einen weissen Niederschlag, so verfährt man also:

1. Man erinnert sich, ob die vorläufige Prüfung auf Kieselsäure hat 85
schliessen lassen (20). Ist dies der Fall, so verdampft man eine Probe der salzsauren Lösung zur Trockne, befeuchtet den Rückstand mit Salzsäure und fügt Wasser zu. Ist Kieselsäure vorhanden, so bleibt sie ungelöst. In der Lösung bestimmt man die Base nach (56), beziehungsweise (62).

2. Man setzt zu einer Probe der ursprünglichen salzsauren Lösung et- 86
was Weinsteinsäure, dann Ammon im Ueberschuss.

   a. *Es entsteht kein bleibender Niederschlag*: Abwesenheit der oben weiter genannten alkalisch erdigen Salze. — Man versetzt eine neue Probe der ursprünglichen Lösung mit Natronlauge im Ueberschuss und fügt zu der einen Hälfte der klaren Lösung Chlorammonium, zur anderen etwas Schwefelwasserstoffwasser. Ein auch bei Zusatz von mehr Chlorammonium unlöslich bleibender Niederschlag durch jenes zeigt Thonerde, ein Niederschlag durch eine geringe Menge Schwefelwasserstoffwasser aber Zink an.

   b. *Es entsteht ein bleibender Niederschlag*: Anwesenheit eines alkalisch erdigen Salzes.

      α. Man bringt eine Probe der ursprünglichen Substanz auf einem 87
      Uhrglase mit einigen Tropfen Wasser und etwas concentrirter Schwefelsäure zusammen und fügt dann etwas von kohlensauren Salzen freien Braunstein hinzu. Tritt alsbald Kohlensäureentwickelung ein, so ist das Salz ein oxalsaures. Die Base findet man, indem man eine neue Probe glüht, den Rückstand in verdünnter Salzsäure löst und die Lösung nach (62) prüft.

      β. Auf Phosphorsäure und die damit verbundene alkalische 88
      Erde prüft man, indem man zu einer Probe der salzsauren Lösung Ammon setzt, bis ein Niederschlag entsteht, dann Essigsäure, bis er sich wieder gelöst hat, endlich essigsaures Natron und einen Tropfen Eisenchlorid. Entsteht ein weisser flockiger Niederschlag, so ist Phosphorsäure zugegen. Man fügt jetzt etwas mehr Eisenchlorid zu, bis die Flüssigkeit deutlich roth

geworden, kocht, filtrirt siedend und erkennt in dem nun phosphorsäurefreien Filtrate, nach Ausfällung etwa gelösten Eisens durch Ammon, die mit der Phosphorsäure verbunden gewesene alkalische Erde nach (62).

89 γ. Borsäure entdeckt man in der schwach salzsauren Lösung mit Curcumapapier (§. 144), die damit verbundene Base, indem man eine Probe der ursprünglichen Substanz mit Wasser und kohlensaurem Natron kocht, filtrirt, auswäscht, das entstandene kohlensaure Salz in möglichst wenig verdünnter Salzsäure löst, die Lösung zur Trockne verdampft, den Rückstand mit Wasser behandelt und die nöthigenfalls filtrirte Lösung nach (62) untersucht.

δ. Auf Fluor prüft man, indem man ein Theilchen der ursprünglichen Substanz oder des in der salzsauren Lösung durch Ammon entstandenen Niederschlages mit Schwefelsäure erhitzt (§. 146). Nach Entfernung des Fluors untersucht man, welche alkalische Erde, jetzt an Schwefelsäure gebunden, im Rückstande ist.

ε. Weinsteinsäure oder Citronensäure können nur vorhanden sein, wenn die Substanz beim Glühen im Glasröhrchen verkohlte. Die Base findet man alsdann wie in (87), auf die Säure aber prüft man nach §. 187.

Einfache Verbindungen.

B. In Wasser unlösliche oder schwer lösliche, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser lösliche Körper. Auffindung der Säure.

I. Einer anorganischen.

§. 186.

90 1. Chlorsäure kann nicht zugegen sein, denn die chlorsauren Salze sind sämmtlich in Wasser löslich; Salpetersäure, welche in Form eines basischen Salzes vorhanden sein kann, muss sich bereits beim Glühen in der Glasröhre zu erkennen gegeben haben, ebenso Cyan (8). Wegen der in Wasser unlöslichen Cyanmetalle siehe §. 204. — Auf Kieselsäure wurde man beim Prüfen mit Phosphorsalz aufmerksam. Man überzeugt sich durch Abdampfen der salzsauren Lösung zur Trockne und Behandeln des Rückstandes mit Salzsäure und Wasser.

2. Die arsenige und Arsensäure*), die Kohlensäure, die Chromsäure, sowie Schwefel in Form von Schwefelmetallen hat man schon bei der vorläufigen Untersuchung, bei der Lösung oder bei der Prüfung auf Basen gefunden, und zwar wurde man auf die Chromsäure durch die gelbe oder rothe Farbe der Verbindung, durch die Chlorentwickelung beim Kochen mit Salzsäure und durch die nachherige Auffindung von Chromoxyd in der Lösung hingewiesen. Ueberzeugung durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Natron (§. 138). 91

3. Man kocht eine Probe der Substanz mit Salpetersäure. 92
   a. Entwickelt sich dabei Stickoxydgas und scheidet sich Schwefel ab, so wird dadurch die Anwesenheit eines Schwefelmetalls bestätigt.
   b. Entwickeln sich violette Dämpfe, so ist die Verbindung ein Jodmetall**).
   c. Entwickeln sich rothbraune, chlorartig riechende Dämpfe, so lässt dies auf ein Brommetall**) schliessen. In diesem Falle färben die Dämpfe Stärkemehl gelb (§. 153).

4. Zu einem Theilchen der salpetersauren Lösung, welche man, im Falle bei der Behandlung mit Salpetersäure ein darin unlöslicher Rückstand geblieben ist, zuvor filtrirt, setzt man, nach Verdünnung mit Wasser, salpetersaures Silberoxyd; weisser Niederschlag, nach dem Auswaschen in Ammon löslich, beim Erhitzen ohne Zersetzung schmelzend: Chlor**). 93

5. Man kocht eine Probe mit Salzsäure, filtrirt, wenn nöthig, und setzt, nach Verdünnung mit Wasser, Chlorbaryum zu; entsteht ein weisser, auch bei Zusatz von viel Wasser nicht verschwindender Niederschlag, so ist die Säure Schwefelsäure. 94

6. Auf Borsäure prüft man nach §. 144. 6. 95

7. War von allen bisher genannten Säuren keine zugegen, so hat man Grund auf die Gegenwart von Phosphorsäure, von Oxalsäure oder von Fluor, oder auch auf die Abwesenheit einer Säure zu schliessen. — Auf die Gegenwart von Oxalsäure wird man meistens schon bei der vorläufigen Prüfung aufmerksam (8). Da man Phosphorsäure und Fluor bereits gefunden hat, wenn sie mit einer alkalischen Erde, und Oxalsäure, wenn sie mit Baryt, Strontian oder Kalk verbunden gewesen (87) bis (90), so hat man jetzt nur nöthig, auf dieselben zu prüfen, wenn eine andere Base gefunden worden

---

*) Die Unterscheidung der arsenigen und Arsensäure gelingt in Verbindungen, welche sich nicht in Wasser, wohl aber in Salzsäure lösen, am besten durch Schwefelwasserstoff §. 134. 9. — **) Zuweilen, namentlich in Quecksilber-Jodür, -Bromür und -Chlorür, findet man die Halogene bequemer, wenn man die Substanz mit Kali- oder Natronlauge kocht, filtrirt und das Filtrat nach (73) prüft.

ist. Man schlägt zu dem Ende die Base, wenn sie der Gruppe V. oder VI. angehört, mit Schwefelwasserstoff, wenn es eine der Gruppe IV. ist, mit Schwefelammonium nieder und filtrirt. Wurde mit Schwefelammonium ausgefällt, so fügt man zum Filtrate Salzsäure bis sauer, vertreibt im einen wie im anderen Falle den Schwefelwasserstoff durch Kochen und filtrirt wenn nöthig. — Von dieser Lösung prüft man alsdann eine Probe nach (70) auf Phosphorsäure, Oxalsäure und Fluor. — War die Base Thonerde, Chromoxyd oder — beziehungsweise — Magnesia, so prüft man auf Phosphorsäure mit der Lösung von molybdänsaurem Ammon in der salpetersauren Lösung der Substanz (§. 142. 10), auf Oxalsäure mit Braunstein und Schwefelsäure (§. 145), auf Fluor mit Schwefelsäure (§. 146).

Einfache Verbindungen.

B. In Wasser unlösliche oder schwer lösliche, in Säuren lösliche Körper. Auffindung der Säure.

II. Einer organischen.

§. 187.

1. Ameisensäure kann nicht zugegen sein, da deren Salze alle in 9
Wasser löslich sind.

2. Essigsäure wird schon bei der vorläufigen Prüfung an der Acetonentwickelung leicht erkannt. Ueberzeugung durch Schwefelsäure und Weingeist (§. 171).

3. Benzoësäure erkennt man in der Regel schon daran, dass sie sich beim Auflösen in Salzsäure oder beim Erkalten der salzsauren Lösung ausscheidet. Ueberzeugung durch Sublimation des ausgewaschenen und getrockneten Niederschlages.

4. Man kocht eine Probe mit überschüssiger Lösung von kohlensaurem 9
Natron längere Zeit und filtrirt heiss ab. Man hat jetzt in den meisten Fällen die organische Säure als Natronsalz in Lösung. Man säuert letztere mit Salzsäure schwach an, vertreibt die Kohlensäure durch Erwärmen und prüft diese Flüssigkeit wie oben §. 184 angegeben. Bei Basen der Gruppe IV. wie auch bei Anwesenheit von Bleioxyd gelingt diese Abscheidung nicht vollständig. In solchen Ausnahmefällen setze man, nach dem Kochen mit kohlensaurem Natron, dem Filtrate Schwefelammonium zu, bis das Metalloxyd ausgefällt ist, filtrire und verfahre wie eben angegeben.

Einfache Verbindungen.

C. In Wasser, in Salzsäure, Salpetersäure und Königswasser unlösliche oder schwer lösliche Körper.

Auffindung der Base und der Säure.

§. 188.

Unter dieser Rubrik betrachten wir hier schwefelsauren Baryt, 98
schwefelsauren Strontian, schwefelsauren Kalk, Fluorcalcium, Kieselerde, stark geglühte oder natürlich vorkommende Thonerde, schwefelsaures Bleioxyd, Verbindungen des Bleies mit Chlor und Brom, des Silbers mit Chlor, Brom, Jod und Cyan, geglühtes und natürlich vorkommendes Zinnoxyd, geglühtes Chromoxyd und endlich Schwefel und Kohle, als diejenigen Körper, welche von den hierher gehörigen allein häufiger vorkommen. Hinsichtlich einfacher Silicate verweise ich auf §. 205, hinsichtlich der Ferro- oder Ferridcyanmetalle auf §. 204. Ob auf solche Rücksicht zu nehmen, lehrt die einleitende Prüfung.

Schwefelsaurer Kalk und Chlorblei sind in Wasser nicht unlöslich, schwefelsaures Bleioxyd kann in Salzsäure aufgelöst werden. Diese Verbindungen werden jedoch, da sie so schwer löslich sind, dass man selten eine totale Lösung bekommt, hier nochmals mit abgehandelt, damit dieselben, im Falle sie bei der Untersuchung der wässerigen oder sauren Lösung übersehen worden, hier gefunden werden.

1. Freier Schwefel muss bei der vorläufigen Prüfung bereits erkannt worden sein.
2. Kohle ist in der Regel schwarz, in Königswasser unlöslich, auf Platinblech, welches man von unten mit dem Löthrohr erhitzt, verbrennlich *), liefert, mit Salpeter verpufft, kohlensaures Kali.
3. Chromoxyd ist grün oder schwarzgrün und muss sich schon bei der Prüfung mit der Phosphorsalzperle in (18) zu erkennen gegeben haben.
4. Man übergiesst eine geringe Menge der Substanz mit Schwefelam- 99
monium.
   a. Sie wird schwarz: deutet auf die Anwesenheit eines Blei- oder Silbersalzes.
      α. *Sie schmolz im Röhrchen* ohne Zersetzung (3): Chlor-, Brom-, Blei, — Chlor-, Brom-, Jod-Silber. Man schmelzt 1 Thl. der Verbindung mit 4 Thln. kohlensaurem Natronkali in einem kleinen Porzellantiegel, lässt erkalten, kocht den Rückstand mit Wasser aus und prüft das Filtrat auf Chlor, Brom und Jod nach (73), den Rückstand aber, welcher entweder metallisches

*) Graphit verbrennt nur bei starkem Erhitzen im Sauerstoffstrome vollständig.

Silber oder Bleioxyd ist, löst man in Salpetersäure und prüft die Lösung nach (46).

β. *Sie entwickelte, in der Glasröhre geglüht, Cyan und hinterliess metallisches Silber*: Cyansilber.

γ. *Sie veränderte sich, in der Glasröhre geglüht, nicht*: schwefelsaures Bleioxyd. Man kocht eine Probe mit kohlensaurer Natronlösung, filtrirt, säuert das Filtrat mit Salzsäure an und prüft es mit Chlorbaryum auf Schwefelsäure, — den ausgewaschenen Rückstand löst man in Salpetersäure und prüft die Lösung mit Schwefelwasserstoff und mit Schwefelsäure auf Blei.

b. Sie bleibt weiss: Abwesenheit eines Blei- oder Silbersalzes.

α. Man prüft eine Probe auf Zinnoxyd mit Hülfe der durch Kupferoxyd schwach bläulich gefärbten Boraxperle (§. 129. 12). Tritt rothbraune bis rubinrothe Färbung der Perle ein, so überzeugt man sich weiter von der Anwesenheit des Zinnoxydes durch Reduction einer Probe mit Soda und Cyankalium (§. 129. 11).

β. Man reibt eine kleine Probe mit feinem Quarzpulver innig zusammen, befeuchtet das Gemenge in einem Tiegelchen mit einigen Tropfen concentrirter Schwefelsäure und erwärmt gelinde.

aa. *Es entwickeln sich weisse, Lackmus röthende, einen darüber gehaltenen Wassertropfen trübende* (§. 150. 6) *Nebel*: deutet auf Fluorcalcium. Man zersetzt eine fein zerriebene Probe mit Schwefelsäure im Platintiegel und bestätigt die Anwesenheit des Fluors durch die Glasätzung (§. 146), den Rückstand kocht man mit Salzsäure, filtrirt und erkennt in der Lösung, nach Neutralisation mit Ammon, durch oxalsaures Ammon den Kalk.

bb. *Es entwickeln sich keine Lackmus röthende, und einen darüber gehaltenen Wassertropfen trübende Nebel.* Man mengt eine kleine Probe der sehr fein zerriebenen Substanz mit der vierfachen Quantität reinen kohlensauren Natronkalis und schmelzt im Platintiegel (auch wohl auf dem Platinblech). Die geschmolzene Masse kocht man mit Wasser, filtrirt, sofern ein Rückstand bleibt, und wäscht denselben aus. — Von dem Filtrat prüft man alsdann, nachdem man mit Salzsäure angesäuert hat, eine Probe auf Schwefelsäure mit Chlorbaryum, und, falls man diese nicht findet, eine andere auf Kieselsäure durch Abdampfen der mit Salzsäure angesäuerten Flüssigkeit (§. 150. 2). Ist auch solche nicht zugegen, so prüft man die erhaltene salzsaure Lösung des Abdampfungsrückstandes mit Ammon auf Thonerde.

War reine Kieselsäure zugegen, so muss sich die mit kohlensaurem Natronkali geschmolzene Masse in Wasser klar gelöst haben, enthielt jene aber kieselsaure Salze beigemengt,

so blieben deren Basen unlöslich zurück und können weiter untersucht werden. — Bei Anwesenheit von Thonerde kann man nur dann erwarten eine vollständige Lösung der Schmelze in Wasser zu erhalten, wenn man viel kohlensaures Natron und hohe Temperatur angewandt hat.

Wurde Schwefelsäure gefunden, so findet sich auf dem Filter die damit verbunden gewesene alkalische Erde als kohlensaures Salz. Man löst sie nach dem Auswaschen in verdünnter Salzsäure, verdampft zur Trockne, behandelt den Rückstand mit Wasser und prüft nach (62) auf Baryt, Strontian und Kalk.

Zusammengesetzte Verbindungen*).

A. In Wasser lösliche und in Wasser unlösliche, aber in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser lösliche Körper.

Auffindung der Basen**).

§. 189***).

(Behandlung mit Salzsäure: Entdeckung des Silbers, Quecksilberoxyduls, [Bleies].)

Der systematische Weg zur Auffindung der Basen ist im Wesent- 101
lichen der nämliche, sei es, dass sich die Körper in Wasser, sei es, dass sie sich nur in Säuren lösten. Wo in Folge der verschiedenen Natur der ursprünglichen Lösung Unterscheidung einzelner Wege nothwendig wird, soll dies deutlich angegeben werden.

I. Man hat eine rein wässerige Lösung.

Man versetzt den zur Aufsuchung der Basen bestimmten 102
Theil mit etwas Salzsäure.

1. Die Lösung reagirte vorher sauer oder war neutral.

---

*) Dieser Ausdruck wird hier und in der Folge für Verbindungen gebraucht, in welchen sämmtliche häufiger vorkommende Basen, Säuren, Metalle und Metalloide vorausgesetzt werden. — **) Vergleiche hierzu die Erklärung im dritten Abschnitte, mit welcher man sich vor Allem bekannt machen muss. — Bei dem Gange ist zugleich auf die Säuren des Arsens und diejenigen Salze der alkalischen Erden Rücksicht genommen, welche sich in Salzsäure lösen und bei Neutralisation der Säure durch Ammon unverändert ausgeschieden werden. — ***) Vergleiche hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte.

a. Es entsteht kein Niederschlag: zeigt die Abwesenheit von Silber und Quecksilberoxydul. Man geht zu §. 190 über.

b. Es entsteht ein Niederschlag: Man setzt tropfenweise mehr Salzsäure zu, bis die Menge des Niederschlages nicht mehr zunimmt, fügt alsdann noch 6 bis 8 Tropfen Salzsäure weiter hinzu, schüttelt um und filtrirt.

(Der durch Salzsäure entstandene Niederschlag kann sein: Chlorsilber, Quecksilberchlorür, Chlorblei, ein basisches Antimonsalz, basisches Chlorwismuth, Metazinnchlorid, möglicher Weise auch Benzoësäure. Von diesen kann man, wenn genau nach der angegebenen Weise verfahren wurde, nur die drei ersten [etwa auch das sehr selten vorkommende Metazinnchlorid und Benzoësäure, welche jedoch hier nicht berücksichtigt wird] auf dem Filter haben, indem das basische Antimonsalz und das basische Chlorwismuth durch die überschüssig zugesetzte Salzsäure wieder gelöst wurden.)

Der auf dem Filter befindliche Niederschlag wird zweimal mit kaltem Wasser ausgewaschen, und das Filtrat sammt den Waschwassern nach §. 190 weiter untersucht.

(Entsteht bei der Vereinigung des ablaufenden Waschwassers mit dem sauren Filtrat eine Trübung [auf Antimon- oder Wismuth-Verbindungen, auch möglicher Weise auf Metazinnchlorid hindeutend], so verfährt man nichtsdestoweniger ohne Abänderung des weiteren Verfahrens nach §. 190.)

Mit dem auf dem Filter befindlichen Niederschlage verfährt man in folgender Weise:

α. Man übergiesst ihn auf dem Filter zum dritten Male und zwar mit heissem Wasser und prüft das Filtrat mit Schwefelwasserstoff sowie mit Schwefelsäure auf Blei. (Wenn man keine Niederschläge bekommt, wird dadurch nur angezeigt, dass in dem durch Salzsäure erhaltenen Niederschlage kein Blei ist, nicht aber, dass überhaupt keins vorhanden, da ja verdünnte Bleilösungen durch Salzsäure nicht gefällt werden.) Enthielt der durch Salzsäure erhaltene Niederschlag Chlorblei, so behandelt man denselben noch mehrmals mit siedendem Wasser, um das Chlorblei möglichst zu lösen.

β. Ist auf dem Filter ein Niederschlag geblieben, so übergiesst man denselben mit Ammon. Wird er schwarz oder grau, so ist Quecksilberoxydul zugegen.

γ. Zu der bei β ablaufenden ammonhaltigen Flüssigkeit setzt man Salpetersäure bis zur stark sauren Reaction. Entsteht ein weisser käsiger Niederschlag oder — bei geringen Mengen — ein Opalisiren der Flüssigkeit, so ist Silber zugegen. (Im Falle noch Chlorblei im Niederschlage war, erscheint die

ammonhaltige Lösung meist trübe von sich ausscheidendem basischem Bleisalz. Dies hat auf die Silberprüfung keinen Einfluss, da sich beim Zusatz der Salpetersäure das basische Bleisalz löst.)

2. Die wässerige Lösung reagirte alkalisch. 104

a. Es entsteht durch den Zusatz von Salzsäure bis zur stark sauren Reaction keine Gasentwickelung und kein Niederschlag, oder der entstandene löst sich beim Zusatz von mehr Säure wieder auf. Man geht zu §. 190 über.

b. Es entsteht durch den Zusatz der Salzsäure ein Niederschlag, der sich im Ueberschuss derselben auch beim Kochen nicht löst.

α. *Es entwickelt sich dabei weder Schwefelwasserstoff noch Blausäure.* Man filtrirt ab und verfährt mit dem Filtrate nach §. 190. 105

aa. Der Niederschlag ist weiss. Er kann alsdann ein in Wasser und Salzsäure schwer- oder unlösliches Blei- oder Silbersalz (Chlorblei, schwefelsaures Bleioxyd, Chlorsilber u. s. w.) oder auch Kieselsäurehydrat sein. Man prüft ihn auf die Basen und Säuren der angeführten Verbindungen nach §. 203 mit Berücksichtigung dessen, dass sich etwa gefundenes Chlorblei oder Chlorsilber erst bei dem Verfahren selbst gebildet haben kann.

bb. Der Niederschlag ist gelb oder orange; er kann alsdann Schwefelarsen, wenn er nicht lange oder nur mit verdünnter Salzsäure gekocht wurde, auch Schwefelantimon oder Zinnsulfid sein, welche aufgelöst waren in Ammon, Kali, Natron, phosphorsaurem Natron oder einer anderen alkalischen Flüssigkeit, mit Ausnahme alkalischer Schwefel- und Cyanmetalle. Man behandelt den Niederschlag, welcher auch Kieselsäurehydrat enthalten kann, nach (40).

β. *Es entwickelt sich dabei Schwefelwasserstoff, aber keine Blausäure**). 106

aa. Der Niederschlag ist ein rein weisser von ausgeschiedenem Schwefel. Alsdann ist in der Regel ein höher geschwefeltes alkalisches Schwefelmetall vorhanden. Die Anwesenheit eines solchen gibt sich auch dadurch zu erkennen, dass die alkalische Lösung gelb oder

*) Sollte der Geruch des sich unter den angegebenen Umständen entwickelnden Gases über die Abwesenheit oder Gegenwart der Blausäure im Zweifel lassen, so braucht man nur einem anderen Pröbchen der Flüssigkeit vor dem Zusatz der Salzsäure etwas chromsaures Kali zuzufügen.

braungelb erscheint, und dass sich beim Säurezusatz neben dem Geruch nach Schwefelwasserstoff ein solcher nach Wasserstoffschwefel erkennen lässt. Man kocht, filtrirt ab und verfährt mit dem Filtrate nach §. 194, mit dem Niederschlage nach §. 203.

bb. Der Niederschlag ist gefärbt. In dem Falle kann man auf ein metallisches Schwefelsalz, d. h. auf die Verbindung einer alkalischen Sulfobase mit einer metallischen Sulfosäure schliessen. Der Niederschlag wird also Schwefelgold, Schwefelplatin, Schwefelzinn, Schwefelantimon oder Schwefelarsen sein. Er könnte jedoch auch aus Quecksilbersulfid, sowie aus Schwefelkupfer oder Schwefelnickel bestehen, oder solche enthalten (da ersteres sich in Schwefelkalium leicht, in Schwefelammonium spurenweise löst, letztere in Schwefelammonium ein wenig löslich sind). Man filtrirt ab, verfährt mit dem Filtrat nach §. 194, mit dem Niederschlage nach (40).

γ. *Es entwickelt sich dabei Blausäure mit oder ohne Schwefelwasserstoff.* Alsdann ist ein alkalisches Cyanmetall und bei gleichzeitiger Schwefelwasserstoffentwickelung auch ein alkalisches Schwefelmetall zugegen. In diesem Falle kann der Niederschlag ausser den in α und β genannten Verbindungen noch viele andere enthalten (z. B. Cyannickel, Cyansilber u. s. w.). Man kocht unter Zusatz von mehr Salzsäure, auch wohl von Salpetersäure, bis alle Blausäure verjagt ist, und verfährt mit der erhaltenen Lösung oder der von einem etwa gebliebenen Rückstande (welcher nach §. 203, beziehungsweise nach §. 204 zu untersuchen wäre) abfiltrirten Flüssigkeit nach §. 190.

c. Es entsteht durch den Zusatz von Salzsäure kein bleibender Niederschlag, aber eine Gasentwickelung.

α. *Das entweichende Gas riecht nach Schwefelwasserstoff*: dies deutet auf ein Einfach-Schwefelalkalimetall oder auch auf ein Sulfosalz mit alkalischer oder alkalisch-erdiger Basis. Man verfährt nach §. 194.

β. *Das entweichende Gas ist geruchlos*, so ist es Kohlensäure, die an ein Alkali gebunden war. Man geht zu §. 190 über.

γ. *Das entweichende Gas riecht nach Cyanwasserstoff* (gleichgültig ob ausserdem Schwefelwasserstoff oder Kohlensäure sich entwickelt oder nicht): deutet auf ein alkalisches Cyanmetall. Man kocht, bis alle Blausäure verjagt ist, und geht zu §. 190 über.

II. Man hat eine salzsaure oder eine Königswasser-Lösung.

Man verfährt mit derselben nach §. 190.

III. Man hat eine salpetersaure Lösung.

Man verdünnt eine Probe mit Wasser, fügt, wenn hierdurch Trübung 109
oder Niederschlag entstehen sollte (auf Wismuth deutend), Salpetersäure hinzu, bis die Flüssigkeit wieder klar geworden, dann Salzsäure.

1. Es entsteht hierdurch kein Niederschlag: Abwesenheit von Silber und Quecksilberoxydul. Man verfährt mit der Hauptlösung nach §. 190.
2. Es entsteht hierdurch ein Niederschlag. Man verfährt mit einem grösseren Theile der salpetersauren Lösung wie mit der Probe, filtrirt den nach (103) zu untersuchenden Niederschlag ab und untersucht das Filtrat nach §. 190.

§. 190*).

(Behandlung mit Schwefelwasserstoff, Fällung der Metalloxyde der Gruppen V., zweite Abth. u. VI.)

Zu einem *kleinen Theile* der sauren, klaren Lösung setzt man Schwefelwasserstoffwasser, bis der Geruch nach dem Umschütteln deutlich hervortritt, und erwärmt gelinde.

1. Es entsteht kein Niederschlag, auch nicht nach einiger Zeit. 110
Man geht zu §. 194 über, denn Blei, Wismuth, Cadmium, Kupfer, Quecksilber, Gold, Platin, Antimon, Zinn und Arsenik**) sind nicht zugegen***); ausserdem wird auch die Abwesenheit des Eisenoxyds und der Chromsäure dadurch angedeutet.
2. Es entsteht ein Niederschlag:
   a. *Er ist rein weiss*, dünn, feinpulverig, und verschwindet nicht durch 111
   Zusatz von Salzsäure. Er ist ausgeschiedener Schwefel und lässt Eisenoxyd vermuthen†). Alle übrigen in (110) genannten Metalle können nicht zugegen sein. Man verfährt mit der Hauptlösung nach §. 194.

---

*) Vergleiche hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte. — **) Um von der Abwesenheit der Arsensäure vollkommen überzeugt zu sein, muss man die Probe längere Zeit unter gelinder Erhitzung (bei etwa 70° C.) stehen lassen, oder vor dem Zusatz des Schwefelwasserstoffs mit schwefliger Säure erhitzen (vergl. §. 133. 3). Ob man dazu Grund hat, lehrt meist schon die einleitende Prüfung. — ***) Wenn die Lösung sehr viel freie Säure enthält, so erhält man oft die Niederschläge erst nach dem Verdünnen mit Wasser. — †) Bei Gegenwart von schwefliger Säure, Jodsäure, Bromsäure, welche wir nicht in den analytischen Gang aufgenommen haben, wie auch bei der der Chromsäure und Chlorsäure und des freien Chlors, wird gleichfalls Schwefel ausgeschieden.

b. *Er ist gefärbt.*

Man setzt alsdann zum grösseren Theile der sauren oder angesäuerten Lösung, am besten in einem kleinen Kolben, Schwefelwasserstoffwasser im Ueberschuss, das heisst, bis die Lösung nach dem Umschütteln deutlich darnach riecht, und der Niederschlag sich durch weiteren Zusatz nicht vermehrt, — erhitzt gelinde, schüttelt einige Zeit sehr stark, filtrirt ab, bewahrt das Filtrat (welches die vorhandenen Oxyde der Gruppen I. bis IV. enthält) zur weiteren Untersuchung nach §. 194 auf, den Niederschlag aber (der die Schwefelverbindungen der vorhandenen Metalle der Gruppen V. und VI. enthält) wäscht man sorgfältig (vergl. Seite 13) aus.

In manchen Fällen, ganz besonders aber wenn man Grund hat Arsenik zu vermuthen, ist es zweckmässiger, Schwefelwasserstoffgas durch die mit Wasser verdünnte Lösung streichen zu lassen. Hat man Grund auf die Anwesenheit von Arsensäure zu schliessen, so erhitzt man die Flüssigkeit während der Behandlung mit Schwefelwasserstoff auf etwa 70° C.

Ist der Niederschlag gelb, so ist sein Hauptbestandtheil Schwefelarsen, Zinnsulfid oder Schwefelcadmium; ist er orangefarben, so wird dadurch Schwefelantimon angedeutet; ist er braun oder schwarz, so muss wenigstens eins der folgenden Oxyde zugegen sein: Bleioxyd, Wismuthoxyd, Kupferoxyd, Quecksilberoxyd, Goldoxyd, Platinoxyd, Zinnoxydul. Da aber auch in einem gelben Niederschlage kleine Antheile eines orangefarbenen, braunen, ja selbst schwarzen Niederschlages enthalten sein können, ohne dass man es dem Niederschlage seiner Farbe nach mit Bestimmtheit ansehen kann, so geht man stets am sichersten, wenn man bei der Untersuchung jedes durch Schwefelwasserstoff entstandenen Niederschlages alle in (110) genannten Metalle voraussetzt und demgemäss so verfährt, wie es der folgende Paragraph vorschreibt.

§. 191*).

(Behandlung des Schwefelwasserstoffniederschlages mit Schwefelammonium, Trennung der Gruppe V., zweite Abtheil. von der Gruppe VI.)

Man bringt ein kleines Theilchen des durch Schwefelwasserstoff in der angesäuerten Lösung entstandenen, vollkommen ausgewaschenen Niederschlages in ein Proberöhr-

---

Bei Gegenwart von Chromsäure ist die Ausscheidung des Schwefels von einer Reduction derselben zu Oxyd begleitet, in Folge welcher die rothgelbe Farbe der Lösung in eine grüne übergeht (vergl. §. 138). — Der in der grünen Lösung suspendirte weisse Schwefel erscheint anfangs wie ein grüner Niederschlag und führt Anfänger häufig irre.

*) Vergleiche hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte.

chen*), setzt ein wenig Wasser und zehn bis zwanzig Tropfen gelbliches Schwefelammonium zu und erwärmt eine kurze Zeit lang gelinde**).

1. Der Niederschlag löst sich in Schwefelammonium (resp. Schwefelnatrium) ganz auf: Abwesenheit der Metalle der Gruppe V. (Cadmium, Blei, Wismuth, Kupfer, Quecksilber). Man verfährt mit dem Reste des Niederschlages (von welchem man ein Theilchen mit Schwefelammonium digerirt hatte) nach §. 192. (War der Schwefelwasserstoffniederschlag so gering, dass man seine ganze Menge zur Behandlung mit Schwefelammonium verwenden musste, so schlägt man die Schwefelammoniumlösung durch Zusatz von Salzsäure nieder, filtrirt und verfährt mit dem so wieder erhaltenen Niederschlage, nachdem er ausgewaschen ist, nach §. 192.) 115
2. Er löst sich nicht oder nicht vollständig, auch nicht beim Erhitzen mit mehr gelblichem Schwefelammonium (resp. Schwefelnatrium): Anwesenheit von Metallen der Gruppe V. Man verdünnt mit 4 bis 5 Thln. Wasser, filtrirt die Flüssigkeit ab und versetzt das Filtrat mit Salzsäure im geringen Ueberschuss. 116
   a. Es entsteht bloss eine rein weisse Trübung von ausgeschiedenem Schwefel: Abwesenheit der Metalle der Gruppe VI. (Gold, Platin, Zinn, Antimon, Arsen***). Man verfährt mit dem Rest des Niederschlages (von dem man ein Theilchen mit Schwefelammonium digerirt hatte) nach §. 193.

---

*) Ist der Niederschlag einigermaassen bedeutend, so kann dies mittelst eines kleinen Spatels von Platin, Glas oder Horn leicht geschehen, ist er dagegen sehr gering, so stösst man die Spitze des Filters durch, spritzt den Niederschlag mit der Spritzflasche in das untergestellte Proberöhrchen und giesst, sobald sich derselbe abgesetzt hat, das überstehende Wasser ab. — **) Wenn in der Lösung Kupfer vorhanden ist, was meist schon ihre Farbe, mit Sicherheit aber eine vorläufige Probe mit einem blanken Eisenstäbchen (vergl. § 120. 11.) zu erkennen gibt, so muss anstatt des Schwefelammoniums, in welchem das Schwefelkupfer nicht ganz unlöslich ist (siehe §. 120. 5.), Schwefelnatriumlösung genommen und der Niederschlag damit gekocht werden. Enthält jedoch eine Flüssigkeit neben Kupfer Quecksilberoxyd (dessen Anwesenheit man fast immer schon beim Zusatz des Schwefelwasserstoffwassers aus den mannigfachen Farbenveränderungen des Niederschlages [§. 119. 3.], im Zweifelsfalle durch eine vorläufige Probe mit Zinnchlorür in der mit Salzsäure angesäuerten ursprünglichen Lösung, zu erkennen vermag), so muss, obgleich alsdann die Trennung der Schwefelmetalle der Antimongruppe vom Kupfersulfid nicht ganz vollständig ist, doch Schwefelammonium genommen werden, weil sich das Quecksilbersulfid in Schwefelnatrium lösen und so die weitere Untersuchung der Schwefelmetalle aus der Antimongruppe erschweren würde. — ***) Dass dieser Schluss unsicher wird, wenn man den Schwefelwasserstoffniederschlag statt mit einer kleinen, mit einer grösseren Menge Schwefelammoniums behandelt hat, liegt auf der Hand; denn es scheidet sich in dem Falle so viel Schwefel aus, dass eine zugleich niedergeschlagene Spur Schwefelarsen oder Zinnsulfid nicht wahrzunehmen ist. Vergleiche auch Zusätze und Bemerkungen zu §. 190 und 191 im dritten Abschnitte der zweiten Abtheilung.

b. Es entsteht ein gefärbter Niederschlag: Anwesenheit von 117
Metallen der Gruppe VI. neben solchen der Gruppe V. Man verfährt mit dem ganzen durch Schwefelwasserstoff erhaltenen Niederschlage wie mit der Probe, d. h. man digerirt ihn mit gelbem Schwefelammonium, beziehungsweise Schwefelnatrium, lässt absitzen, giesst die überstehende Flüssigkeit auf ein Filter, digerirt den im Röhrchen bleibenden Rückstand nochmals mit gelbem Schwefelammonium (resp. Schwefelnatrium) und filtrirt ab. Der Rückstand (die Schwefelmetalle der Gruppe V. enthaltend) wird ausgewaschen und zur weiteren Untersuchung nach §. 193 aufbewahrt*), — die Lösung aber (welche die Metalle der Gruppe VI. in der Form von Sulfosalzen enthält) verdünnt man mit Wasser, setzt Salzsäure zu bis zur deutlich sauren Reaction, erwärmt gelinde, filtrirt den entstandenen Niederschlag, welcher die Schwefelmetalle der Gruppe VI. gemengt mit Schwefel enthält, ab, wäscht vollständig aus und verfährt damit nach dem folgenden Paragraphen.

§. 192**).

(Ermittelung der Metalle der Gruppe VI.: Arsen, Antimon, Zinn, Gold, Platin.)

Ist der aus den Schwefelmetallen der Gruppe VI. bestehende Nieder- 118
schlag rein gelb, so deutet dies vorzugsweise auf Arsen und Zinnoxyd; ist er deutlich orangegelb, so ist jedenfalls Antimon zugegen; ist er braun oder schwarz, so weist dies auf Zinnoxydul, Platin oder Gold hin.

Mehr als dies lässt sich aus der Farbe des Niederschlages mit Gewissheit nicht erschliessen, und will man daher sicher gehen, so muss man auch einen gelben Niederschlag auf Antimon, Gold und Platin prüfen, denn kleine Mengen derselben werden von einer grossen Quantität Schwefelzinns oder Schwefelarsens völlig verdeckt. Man verfährt deshalb also:

---

*) Setzt sich der in der schwefelammoniumhaltigen Flüssigkeit suspendirte, darin unlösliche Niederschlag leicht ab, so bringt man ihn nicht auf das Filter und wäscht ihn durch Decantiren aus. Setzt er sich hingegen schwer ab, so bringt man ihn mit auf das Filter, wäscht ihn aus, stösst alsdann ein Loch in die Spitze des Filters, spritzt ihn mit der Spritzflasche in ein Porzellanschälchen, erwärmt gelinde, wodurch er sich leichter absetzt, und giesst alsdann das überstehende Wasser ab. — Zuweilen sind die suspendirten Schwefelmetalle so fein zertheilt, dass die Flüssigkeit nicht leicht klar abfiltrirt werden kann. In dem Falle setze man der Flüssigkeit etwas Chlorammonium zu und lasse längere Zeit bei mässiger Wärme absitzen, bevor man filtrirt. — **) Vergleiche hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte.

Man erhitzt ein wenig des Niederschlages auf dem Deckel eines Porzellantiegels, auf einem Porzellan- oder Glasscherben *).

1. Es bleibt kein fixer Rückstand: muthmaassliche Anwesenheit des Arsens, Abwesenheit der übrigen Metalle der Gruppe VI. Ueberzeugung durch Reduction einer Probe des Niederschlages mit Cyankalium und Soda (§. 132. 12)**). Ob das Arsen als arsenige oder als Arsensäure zugegen war, erforscht man nach den §. 134. 9 angegebenen Methoden. 119

2. Es bleibt ein fixer Rückstand. In dem Falle ist auf alle Metalle der Gruppe VI. Rücksicht zu nehmen. Man trocknet den Rest des Niederschlages auf dem Filter völlig, reibt denselben mit etwa 1 Thl. wasserfreiem kohlensaurem Natron und 1 Thl. salpetersaurem Natron zusammen und trägt das Gemenge in kleinen Portionen in ein Porzellantiegelchen, in welchem man zuvor 2 Thle. salpetersaures Natron zum Schmelzen erhitzt hat***). — Sobald alles Oxydirbare oxydirt ist, giesst man die Schmelze in einen Porzellanscherben aus. Nach dem Erkalten weicht man die geschmolzene Masse †) (und zwar sowohl den in dem Tiegelchen noch hängenden Theil, als auch den ausgegossenen) mit kaltem Wasser auf, filtrirt den unlöslichen Rückstand (welcher bei Anwesenheit von Antimon, Zinn, Gold oder Platin geblieben sein muss) ab und wäscht ihn mit einer Mischung von etwa gleichen Theilen Wasser und Weingeist gut aus. (Letzterer wird zugesetzt, um der Lösung des antimonsauren Natrons vorzubeugen. — Die zum Auswaschen dienende Flüssigkeit lässt man nicht zu dem Filtrate laufen.) Filtrat und Rückstand werden nun folgendermaassen geprüft: 120

   a. Untersuchung des Filtrats auf Arsen (welches darin als arsensaures Natron enthalten sein muss). Man säuert die Flüssig- 121

*) Dass man diese Vorprüfung unterlassen kann, wenn der Niederschlag eine andere als eine gelbe Farbe hat, und dass sie nur dann ein entscheidendes Resultat haben kann, wenn der der Prüfung unterworfene Niederschlag vollkommen ausgewaschen war, liegt auf der Hand. — **) Enthält der Niederschlag viel freien Schwefel, so löst man das etwa darin vorhandene Schwefelarsen durch Digestion mit kohlensaurem Ammon auf, filtrirt, verdampft die Lösung unter Zusatz einer geringen Menge von kohlensaurem Natron zur Trockne und erhitzt diesen Rückstand mit Cyankalium und Soda. — ***) Ist die Menge des Niederschlages so klein, dass diese Operation nicht gut ausgeführt werden kann, so schneidet man das Filter sammt dem Niederschlage nach dem Trocknen in kleine Stückchen, reibt diese mit etwas Soda und salpetersaurem Natron zusammen und trägt alsdann sowohl das Pulver, als die Papierstückchen in das schmelzende salpetersaure Natron. — Besser ist es jedoch in solchem Falle, sich wenn möglich eine grössere Menge des Niederschlages zu verschaffen, weil man sonst nur schwache Hoffnung hegen kann, alle vorhandenen Metalle der Gruppe VI. mit Sicherheit nachzuweisen. — †) Wären alle Schwefelmetalle der sechsten Gruppe vorhanden gewesen, so würde die geschmolzene Masse aus antimonsaurem und arsensaurem Natron, Zinnoxyd, metallischem Gold und Platin, schwefelsaurem, kohlensaurem, salpetersaurem und etwas salpetrigsaurem Natron bestehen. Vergl. auch §. 134. 1. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Gold und Zinn erscheint die Schmelze oft eigenthümlich hellroth.

keit mit Salpetersäure deutlich an*), erhitzt, um Kohlensäure und salpetrige Säure auszutreiben und theilt die Flüssigkeit alsdann in zwei Theile. Zum einen setzt man salpetersaures Silberoxyd in nicht zu geringer Menge, filtrirt, im Falle sich Chlorsilber**) oder salpetrigsaures Silberoxyd ausscheiden sollte, giesst auf das Filtrat am Rande des schief zu haltenden Röhrchens hinab eine Schicht verdünntes Ammon (ein Theil gewöhnliches Ammon, zwei Theile Wasser) und lässt ohne zu schütteln eine Zeit lang stehen. Ein entstehender rothbrauner Niederschlag, der an der Berührungsfläche der beiden Schichten wolkenartig erscheint (er kann weit leichter bei auffallendem als bei durchfallendem Lichte wahrgenommen werden), zeigt Arsen an.

Ist dasselbe in einiger Menge vorhanden, so wird, wenn man die freie Salpetersäure der Lösung unter Umrühren mit Ammon genau sättigt, durch den entstehenden Niederschlag von arsensaurem Silberoxyd die ganze Flüssigkeit bräunlich-roth.

Zum anderen Theil der angesäuerten Lösung setzt man zunächst Ammon, dann eine Mischung von schwefelsaurer Magnesia und Chlorammonium und reibt die Glaswände mit einem Glasstabe gelinde. Ein krystallinischer Niederschlag von arsensaurer Ammon-Magnesia, der sich oft erst bei längerem Stehen bildet und namentlich an den Wandungen absetzt, lässt Arsen erkennen. — Zu weiterer Bestätigung kann der Niederschlag nach dem Auswaschen mit ammonhaltigem Wasser in etwas verdünnter Salzsäure gelöst und die Lösung unter gelindem Erhitzen mit Schwefelwasserstoff gefällt oder das Arsen auf irgend eine Art in metallischer Form dargestellt werden. (Vergleiche §. 132 und §. 133.) Ob es in der Verbindung als arsenige oder als Arsen-Säure vorhanden war, erforscht man nach den §. 134. 9 angegebenen Methoden.

b. Untersuchung des Rückstandes auf Antimon, Zinn, Gold, Platin. (Da das Antimon als weisses, pulveriges antimonsaures Natron, das Zinn als weisses, flockiges Zinnoxyd, das Gold und Platin in metallischem Zustande in dem Rückstande enthalten sein müssen, so gestattet das Aussehen desselben schon andeutende Schlüsse auf seine Natur, wobei jedoch zu bemerken, dass in diesem Rückstande, in Folge der geringen Löslichkeit des Schwefelkupfers in Schwefelammonium, zuweilen auch etwas Kupferoxyd

*) Beim Ansäuern der Lösung mit Salpetersäure kann sich, wenn man ein wenig viel Soda genommen oder sehr stark erhitzt hatte, ein geringer Niederschlag (Zinnoxydhydrat) ausscheiden. Man kann ihn abfiltriren und ebenso wie den ungelösten Rückstand prüfen. — **) Chlorsilber wird sich ausscheiden, wenn die Reagentien nicht ganz rein waren oder der Niederschlag nicht vollkommen ausgewaschen wurde.

sich finden kann. Man bringt den Niederschlag in die Höhlung eines Platintiegel-Deckels oder in ein kleines Platinschälchen, erwärmt ihn mit Salzsäure, fügt etwas Wasser zu und legt alsdann, unbekümmert darum, ob sich der Niederschlag in der Salzsäure vollständig gelöst hat, oder nicht, ein compactes Stückchen reines (namentlich bleifreies) Zink hinein. Gold und Platin bleiben bei der ganzen Operation in dem Zustande, in welchem sie in der Schmelze waren, als regulinische Metalle, Zinn und Antimon gehen jetzt unter dem Einflusse des Zinks ebenfalls in diesen über. Das Antimon gibt sich sogleich oder doch nach kurzer Zeit durch die Schwarzfärbung des Platins zu erkennen. Sobald die Wasserstoffentwickelung fast beendigt ist, nimmt man den Rest des Zinks heraus, entfernt die Chlorzinklösung durch vorsichtiges Abgiessen, erwärmt die Metalle mit Salzsäure und prüft die Lösung, welche — im Fall Zinn vorhanden ist — Zinnchlorür enthalten muss, mittelst Quecksilberchlorids (§. 129. 8). In welcher Oxydationsstufe etwa gefundenes Zinn oder Antimon ursprünglich vorhanden, erforscht man nach §. 134. 7 und 8.

124 Nachdem man durch wiederholtes Auskochen mit Salzsäure das Zinn und durch vollständiges Auswaschen mit Wasser alle Salzsäure entfernt hat, prüft man — sofern ein unlöslicher Rückstand bleibt — diesen in folgender Weise: Man erwärmt ihn in dem Platinschälchen, in welchem er sich befindet, mit etwas Wasser unter Zusatz einiger Körnchen Weinsteinsäure, fügt alsdann etwas Salpetersäure zu und erwärmt gelinde. Löst sich der Rückstand vollständig, so ist kein Gold und Platin zugegen, bleibt ein Rückstand, so hat man ihn darauf zu prüfen. Man entfernt zu dem Ende die saure Lösung, in welcher durch Schwefelwasserstoff das Antimon nochmals nachgewiesen werden kann, durch Abgiessen und Auswaschen, erwärmt den Rückstand, nachdem er in ein Porzellanschälchen gebracht worden ist, mit etwas Königswasser, verdampft die Lösung bis zu einem kleinen Rest und prüft sie dann nach §. 128 auf Gold und Platin.

§. 193*).

(Ermittelung der Metalloxyde der Gruppe V., zweite Abtheilung: Bleioxyd, Wismuthoxyd, Kupferoxyd, Cadmiumoxyd, Quecksilberoxyd.)

125 Der Niederschlag, welcher durch Schwefelammonium nicht aufgelöst worden ist, wird, nach vollständigem Auswaschen,

*) Vergleiche hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte.

mit verdünnter Salpetersäure gekocht. Es geschieht dies am besten in einer kleinen Porzellanschale. Man rührt dabei mit einem Glasstäbchen fortwährend um. Grosser Ueberschuss von Säure ist zu vermeiden.

1. Er löst sich auf und in der Flüssigkeit schwimmt nur der ausgeschiedene, leichte, flockige, gelbe Schwefel: deutet auf Abwesenheit von Quecksilber. — Cadmium, Kupfer, Blei und Wismuth können zugegen sein. Man filtrirt von dem ausgeschiedenen Schwefel ab und verfährt mit der Flüssigkeit (nachdem man sie, im Falle allzuviel Salpetersäure zugegen sein sollte, von dem grössten Theile derselben durch Abdampfen befreit hat) folgendermaassen:

   Man setzt zu einer Probe derselben verdünnte Schwefelsäure in nicht zu geringer Menge, erwärmt und lässt längere Zeit stehen.

   a. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit von Blei. Man versetzt den Rest der Flüssigkeit mit Ammon im Ueberschuss und erwärmt.

      α. *Es entsteht kein Niederschlag*: Abwesenheit von Wismuth. — Ist die Flüssigkeit blau, so ist die Gegenwart des Kupfers erwiesen; sehr geringe Spuren von Kupfer könnten jedoch übersehen werden, wenn man bloss die Färbung der ammonhaltigen Flüssigkeit berücksichtigen würde. — Um in dieser Beziehung sicher zu gehen und zur Prüfung auf Cadmium, dampft man daher die ammonhaltige Lösung fast zur Trockne ein, setzt ein wenig Essigsäure und, wenn nöthig, etwas Wasser zu und prüft

         aa. ein Theilchen mit Ferrocyankalium auf Kupfer. Rothbrauner Niederschlag oder bei sehr geringen Mengen bräunlich-hellrothe Trübung zeigt Kupfer.

         bb. Den Rest prüft man, sofern Kupfer nicht zugegen ist, mit Schwefelwasserstoff. Gelber Niederschlag: Cadmium. — Ist dagegen Kupfer zugegen, so fällt man dies am bequemsten nach Zusatz von etwas schwefliger Säure mit Rhodankalium als Kupferrhodanür und prüft das — nöthigenfalls durch Eindampfen von überschüssiger schwefliger Säure befreite — Filtrat mit Schwefelwasserstoff auf Cadmium, — oder man fällt beide Metalle durch Schwefelwasserstoff und trennt die Schwefelmetalle durch Cyankalium (in welchem Falle sie frisch gefällt sein müssen), oder durch kochende verdünnte Schwefelsäure (§. 123).

      β. *Es entsteht ein Niederschlag*: Anwesenheit von Wismuth. Man filtrirt denselben ab, verfährt mit dem Filtrat zur Prüfung auf Kupfer und Cadmium nach (128); — mit dem ausgewaschenen Niederschlag aber zur näheren Prüfung auf Wismuth also: Man trocknet das Filter auf Fliesspapier etwas, nimmt den feuchten

Niederschlag mit einem Platinspatel oder mit einem Messer ab, löst ihn auf einem Uhrglase in einer möglichst kleinen Menge Salzsäure und fügt sodann Wasser in nicht zu geringer Menge zu. — Milchige Trübung bestätigt die Anwesenheit des Wismuths.

b. Es entsteht ein Niederschlag: Anwesenheit von Blei. Man 132
versetzt die gesammte Menge der salpetersauren Lösung in einem Porzellanschälchen mit verdünnter Schwefelsäure in nicht zu geringer Menge, verdampft im Wasserbade, bis die Salpetersäure entwichen, verdünnt den Rückstand mit etwas Schwefelsäure enthaltendem Wasser, filtrirt das unlöslich gebliebene schwefelsaure Bleioxyd sogleich ab und verfährt mit dem Filtrate zur Prüfung auf Wismuth, Kupfer und Cadmium nach (127)*), den Niederschlag aber prüft man, nach dem Auswaschen, nach einer der §. 123 beschriebenen Methoden.

2. Der Niederschlag der Schwefelmetalle löst sich in der 133
kochenden Salpetersäure nicht vollkommen auf, sondern es bleibt ausser dem oben schwimmenden Schwefel ein Niederschlag zurück: wahrscheinlich (wenn der Niederschlag schwer und schwarz ist, fast mit Gewissheit) Quecksilberoxyd. Man lässt absitzen, filtrirt die noch auf Cadmium, Kupfer, Blei und Wismuth zu untersuchende Flüssigkeit ab, versetzt ein kleines Pröbchen davon mit viel Schwefelwasserstoffwasser und verfährt, im Falle ein Niederschlag oder eine Färbung entsteht, mit dem Reste des Filtrats nach (126).

Den Rückstand, welcher ausser Quecksilbersulfid auch, durch Einwirkung der Salpetersäure auf Schwefelblei entstandenes, schwefelsaures Bleioxyd, ferner Zinnoxyd und möglichenfalls auch Schwefelgold und Schwefelplatin enthalten kann (die Trennung des Schwefelzinns, Schwefelgolds und Schwefelplatins von den Schwefelmetallen der fünften Gruppe gelingt häufig nicht vollständig), wäscht man aus und untersucht eine Hälfte auf Quecksilber**), indem man sie in etwas Salzsäure, unter Zusatz von ganz wenig chlorsaurem Kali, löst und die Lösung mit Kupfer oder Zinnchlorür prüft (§. 119); — die andere Hälfte aber schmelzt man mit Cyankalium und Soda und behandelt die Schmelze mit Wasser. Bleiben Metallkörnchen, oder bleibt ein metallisches Pulver ungelöst, so wäscht man diesen

*) Wegen eines anderen Ganges zur Unterscheidung des Cadmiums, Kupfers, Bleies und Wismuths siehe der zweiten Abtheilung dritten Abschnitt, Zusätze und Bemerkungen zu §. 193. — **) Hat man mit einer wässerigen oder mit einer Lösung in ganz verdünnter Salzsäure zu thun, so war das gefundene Quecksilberoxyd als solches in der ursprünglichen Substanz vorhanden. Ist die Lösung aber eine durch Kochen mit concentrirter Salzsäure oder durch Erhitzen mit Salpetersäure oder Königswasser bereitete, so kann es sich sehr leicht erst aus Oxydul gebildet haben.

Rückstand aus, erwärmt ihn mit Salpetersäure und prüft die Lösung mit Schwefelsäure auf Blei. Lässt Salpetersäure einen Rückstand, so ist aus demselben — nach dem Auswaschen — etwaiges Metazinnsäurehydrat nach §. 130. 1 als Metazinnchlorid auszuziehen. Bleibt nach dieser Behandlung ein schweres Metallpulver ungelöst, so erwärmt man dasselbe mit Königswasser und prüft die Lösung nach §. 128 auf Gold und Platin.

§. 194*).

(Fällung mit Schwefelammonium, Abscheidung und Ermittelung der Oxyde der Gruppen III. und IV.: Thonerde, Chromoxyd, — Zinkoxyd, Manganoxydul, Nickeloxydul, Kobaltoxydul, Eisenoxyde, — sowie derjenigen Salze der alkalischen Erden, welche aus ihrer Lösung in Salzsäure durch Ammon gefällt werden: phosphorsaure, borsaure, oxalsaure, kieselsaure, sowie Fluormetalle.)

Ein *Theilchen* der Flüssigkeit, in welcher Schwefelwasser- 13
stoff keinen Niederschlag hervorgebracht hat (110), oder die von dem entstandenen abfiltrirt ist (112), bringt man in ein Proberöhrchen, beobachtet, ob dieselbe gefärbt ist oder nicht**), kocht alsdann, um den darin etwa enthaltenen Schwefelwasserstoff zu verjagen, fügt einige Tropfen Salpetersäure zu, kocht, beachtet die Farbe der Flüssigkeit wiederum, setzt alsdann vorsichtig Ammon zu bis eben zur alkalischen Reaction, erhitzt, beobachtet, ob hierdurch ein Niederschlag entsteht, und setzt endlich, gleichgültig ob durch Ammon allein ein Niederschlag entstanden ist oder nicht, etwas Schwefelammonium zu.

a. Es entstand weder durch Ammon noch durch Schwefel- 13
ammonium ein Niederschlag. Man geht zu §. 195 über, denn Eisen, Nickel, Kobalt, Zink, Mangan, Chromoxyd, Thonerde***),

---

*) Vergleiche hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte. — **) Ist die geprüfte Flüssigkeit farblos, so enthält sie kein Chrom. — Ist sie gefärbt, so lässt sich aus der Art der Färbung Einiges entnehmen; so deutet eine grüne oder violette, nach dem Kochen jedenfalls grüne Färbung auf Chrom, eine hellgrüne auf Nickel, eine röthliche auf Kobalt, ein Gelbwerden beim Kochen mit Salpetersäure auf Eisen. Doch muss man stets daran denken, dass diese Färbungen nur wahrnehmbar sind, wenn etwas grössere Mengen der Metalloxyde zugegen sind, sowie daran, dass sich complementäre Farben, z. B. das Grün der Nickellösung und das Roth der Kobaltlösung, vernichten, so zwar, dass eine Lösung beide enthalten und doch fast farblos erscheinen kann. — ***) In Betreff der Thonerde und des Chromoxyds ist dieser Schluss nur dann richtig, wenn keine nichtflüchtigen organischen Substanzen, namentlich keine nichtflüchtigen Säuren (Citronensäure, Weinsteinsäure etc.), zugegen sind. Durch Citronensäure kann auch die Fällung des Mangans ganz verhindert werden. Vergl. S. 290, Anmerkung.

phosphorsaure, borsaure*), kieselsaure und oxalsaure**) alkalische Erden, Fluorverbindungen der Metalle der alkalischen Erden und Kieselsäure — ursprünglich in Verbindung mit anderen Basen — sind nicht zugegen.

b. Es entstand durch Ammon kein Niederschlag, wohl aber durch Schwefelammonium: Abwesenheit der phosphorsauren, borsauren*), kieselsauren und oxalsauren**) alkalischen Erden, der Fluorverbindungen der Metalle der alkalischen Erden, der Kieselsäure — ursprünglich in Verbindung mit anderen Basen — sowie auch, wenn keine organischen Materien zugegen sind, des Eisens, des Chromoxyds und der Thonerde. Man geht zu (138) über. 136

c. Es entstand schon durch Ammon ein Niederschlag. In diesem Falle hat man zu bedenken: α. ob die ursprüngliche Lösung eine rein wässerige und neutral reagirende, oder β. ob sie eine saure oder alkalische ist; im ersteren Falle geht man zu (138) über, denn phosphorsaure, borsaure, oxalsaure und kieselsaure alkalische Erden, sowie die entsprechenden Fluorverbindungen und endlich Kieselsäure in Verbindung mit anderen Basen können nicht zugegen sein, — im letzteren dagegen wendet man sich zu (150), denn man hat nunmehr auf alle in (135) genannten Körper und, bei Anwesenheit organischer Substanzen, auch noch auf die Verbindungen mancher alkalischer Erden mit Weinsteinsäure und Citronensäure Rücksicht zu nehmen. 137

1. Ermittelung der Basen der dritten und vierten Gruppe, wenn phosphorsaure etc. Salze der alkalischen Erden nicht zugegen sind***). 138

Man versetzt die in (134) genannte Flüssigkeit, von der man ein Theilchen einer vorläufigen Prüfung unterworfen hat, mit etwas Salmiak, dann mit Ammon, bis eben zur alkalischen Reaction, endlich mit Schwefelammonium, bis die Flüssigkeit nach dem Umschütteln deutlich danach riecht, schüttelt, bis der Niederschlag sich flockig abzuscheiden anfängt, erwärmt einige Zeit gelinde und filtrirt ab.

Das Filtrat†), welches die Basen der Gruppen II. und I. ent-

---

*) Die Fällung der borsauren alkalischen Erden wird durch die Gegenwart von viel Chlorammonium leicht verhindert. — **) Oxalsaure Magnesia wird aus salzsaurer Lösung durch Ammon erst nach längerer Zeit und nie vollständig gefällt; verdünnte Lösungen werden gar nicht niedergeschlagen. — ***) Dieser einfachere Gang ist für die meisten Zwecke vollkommen ausreichend, für recht genau auszuführende Analysen aber ist der (150) beginnende Gang empfehlenswerther, weil er auch die kleinen Mengen von alkalischen Erden finden lässt, die mit Thonerde oder Chromoxyd niedergefallen sein können. Bei Lösungen, welche die Farbe der Chromoxydsalze deutlich zeigen, also relativ viel Chromoxyd enthalten, ist stets nach (150) zu verfahren. — †) Ist dasselbe bräunlich, so deutet dies auf Nickel, dessen Schwefelmetall bekanntlich unter gewissen Umständen in Schwefelammonium etwas löslich ist. Man säuert alsdann die Flüssigkeit mit Essigsäure eben an, erhitzt einige Zeit, filtrirt das ausgeschiedene Schwefelnickel ab und verfährt mit dem Filtrate nach §. 195.

hält oder enthalten kann, hebt man auf, um es später nach §. 195 zu untersuchen, mit dem Niederschlage aber verfährt man, nachdem er mit Wasser, dem man sehr wenig Schwefelammonium zugesetzt hat, ausgewaschen worden ist, also:

a. Er ist rein weiss: Abwesenheit von Eisen, Kobalt, Nickel. Auf alle übrigen Basen der dritten und vierten Gruppe muss geprüft werden, da die wenig intensiven Farben des Chromoxydhydrates und Schwefelmangans in einer grösseren Menge eines weissen Niederschlages verschwinden. — Man löst den Niederschlag in einer kleinen Schale in möglichst wenig Salzsäure unter Erwärmen auf, kocht — sofern sich hierbei Schwefelwasserstoff entwickelt — bis dieser völlig entwichen, concentrirt durch Abdampfen bis auf einen kleinen*) Rest, setzt concentrirte*) Natron- oder Kalilauge im Ueberschuss zu, erhitzt zum Kochen und erhält einige Zeit darin.

α. *Der entstandene Niederschlag hat sich im Ueberschuss der Natronlauge vollständig gelöst*: Abwesenheit des Mangans und Chroms, Anwesenheit von Thonerde oder Zinkoxyd. Man prüft eine Probe der alkalischen Lösung mit etwas (das heisst nicht im Ueberschuss zugesetztem) Schwefelwasserstoffwasser auf Zink, den Rest säuert man mit Salzsäure an, setzt Ammon in geringem Ueberschusse zu und erwärmt. Weisser, flockiger, auch in mehr Chlorammonium unlöslicher Niederschlag: Thonerde**).

β. *Der entstandene Niederschlag hat sich im Ueberschuss der Natronlauge nicht oder nicht vollständig gelöst*: Man verdünnt, filtrirt ab und prüft das Filtrat nach (140) auf Zink und Thonerde; den Niederschlag aber, welcher, wenn er Mangan enthält, braun oder bräunlich erscheint, behandelt man also:

aa. Lässt die Farbe der Lösung kein Chrom vermuthen, so prüft man den Niederschlag auf Mangan mittelst kohlensauren Natrons in der äusseren Löthrohrflamme.

bb. Deutet dagegen die Farbe der Lösung auf Chrom hin, so wird die Untersuchung des in Natronlauge unlöslichen Rückstandes complicirter, weil er in dem Falle auch Zinkoxyd und zwar möglichenfalls dessen ganze Menge enthalten kann (§. 112). Man löst daher den Niederschlag in Salzsäure, verdampft die Lösung auf einen kleinen Rest, verdünnt, stumpft die freie Säure durch kohlensaures Natron fast ab, fügt kohlensauren

*) Vergl. hierzu §. 106. 6. — **) Der Schluss, dass Thonerde anwesend sei, ist natürlich nur dann gerechtfertigt, wenn die angewandte Natron- oder Kalilauge ganz frei von Thonerde oder Kieselsäure war. Da dies oft nicht der Fall ist, so macht man zweckmässig einen Gegenversuch mit einer annähernd gleichen Menge der Lauge. Erhält man hierbei einen sehr geringen Niederschlag, während man in (140) einen weit reichlicheren erhalten hat, so ist die Anwesenheit von Thonerde erwiesen.

Baryt in einigem Ueberschuss zu, lässt kalt digeriren, bis die Flüssigkeit farblos geworden, filtrirt und prüft den Niederschlag auf Chrom durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Natron und chlorsaurem Kali (§. 102. 8). Aus dem Filtrate aber entfernt man den Baryt durch Fällen mit etwas Schwefelsäure, filtrirt, verdampft bis zu einem kleinen Reste, fügt concentrirte Kali- oder Natronlauge im Ueberschusse zu und prüft das Filtrat auf Zink mit Schwefelwasserstoff, den Niederschlag aber — sofern ein solcher blieb — wie in aa. auf Mangan.

b. Er ist nicht weiss: deutet auf Chrom, Mangan, Eisen, Kobalt 143
oder Nickel. Ist er schwarz oder neigt er sich ins Schwarze, so ist eins der drei letzten Metalle zugegen. Jedenfalls muss auf alle Oxyde der dritten und vierten Gruppe Rücksicht genommen werden.

Man übergiesst den ausgewaschenen Niederschlag (nachdem man ihn mit einem Spatel oder mittelst Durchspritzens vom Filter entfernt hat) sofort mit kalter, ziemlich verdünnter Salzsäure (etwa 1 Thl. Salzsäure von 1,12 : 5 Thln. Wasser) in mässigem Ueberschuss.

α. *Er löst sich darin vollständig* (bis auf etwa ausgeschiedenen 144
Schwefel): Abwesenheit von Kobalt und Nickel, wenigstens von irgend erheblichen Mengen derselben.

Man kocht, bis der Schwefelwasserstoff vollständig verjagt ist, fügt etwas Salpetersäure zu, kocht nochmals, filtrirt, wenn in der Flüssigkeit Schwefeltheilchen suspendirt sind, concentrirt durch Abdampfen bis auf einen kleinen Rest, fügt concentrirte Kali- oder Natronlauge im Ueberschuss zu, kocht, filtrirt den jedenfalls gebliebenen unlöslichen Niederschlag ab, wäscht ihn aus und geht nun erst zur Untersuchung des Filtrates, dann zur Prüfung des Niederschlages über.

aa. Von dem *Filtrate* prüft man ein Theilchen mit Schwefelwasser- 145
stoff auf Zink, — den Rest, nach Ansäuern mit Salzsäure, mit Ammon auf Thonerde, vergleiche (140).

bb. Von dem *Niederschlage* löst man ein Theilchen in Salzsäure 146
und prüft mit tropfenweise zuzusetzendem Ferrocyankalium oder mit Rhodankalium auf Eisen *), ein anderes prüft man auf Chrom durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Natron und chlorsaurem Kali und Auskochen der Schmelze mit

*) Da Berlinerblau sich in Ferrocyankalium zur farblosen Flüssigkeit löst, so kann man bei raschem Zusatz von viel Ferrocyankalium kleine Eisenmengen ganz übersehen. — Ob das Eisen als Oxyd oder Oxydul zugegen war, muss durch Prüfung der ursprünglichen Lösung mit Ferridcyankalium und Rhodankalium ermittelt werden.

Wasser (§. 102. 8*). Hat man Chrom nicht gefunden, so prüft man den Rest mittelst kohlensauren Natrons in der Oxydationsflamme auf Mangan. Ist dagegen Chrom zugegen, so behandelt man den Rest des Niederschlages zur Auffindung von Mangan und von Zink, welches alsdann, möglichenfalls seiner ganzen Menge nach, sich hier finden kann (§. 112) nach (142).

β. *Er löst sich darin nicht vollständig, sondern es bleibt ein schwarzer Rückstand:* deutet auf Kobalt und Nickel. Da aber — namentlich bei an Schwefeleisen reichen Niederschlägen — oft etwas von diesem durch Umhüllung von ausgeschiedenem Schwefel gegen die Einwirkung der Salzsäure geschützt wird, so ist der Schluss auf die Anwesenheit von Kobalt und Nickel noch nicht ganz sicher. Man filtrirt, wäscht aus, prüft das Filtrat nach (144), den Niederschlag aber glüht man sammt dem Filter bei Luftzutritt in einem Porzellantiegel bis zur Einäscherung des Filters. Man erwärmt den Rückstand mit etwas Salzsäure unter Zusatz einiger Tropfen Salpetersäure, fügt etwas Wasser, dann Ammon in mässigem Ueberschuss zu und filtrirt. 14

Von dem ammoniakalischen Filtrate, welches bei Anwesenheit von einer etwas grösseren Menge Nickel blau, bei Anwesenheit einer etwas grösseren Menge Kobalt bräunlich ist, bei Anwesenheit beider aber eine weniger deutliche Mischfarbe hat, prüft man zunächst eine Probe mit Schwefelammonium. Entsteht dadurch ein schwarzer Niederschlag, der sich beim Ansäuern mit Salzsäure nicht löst, so ist die Anwesenheit von Kobalt oder Nickel erwiesen.

Man verdampft in dem Falle den Rest des ammoniakalischen Filtrates zur Trockne, verjagt die Ammonsalze durch gelindes Glühen und prüft zunächst

aa. ein Theilchen des Rückstandes mit Borax in der äusseren und dann in der inneren Löthrohrflamme. — Ist die Perle im Oxydationsfeuer heiss violett, erkaltet blassroth-braun, und wird sie in der Reductionsflamme grau und trübe, so ist Nickel zugegen, — ist sie dagegen warm wie kalt in der äusseren und inneren Flamme blau, so ist Kobalt zugegen. Da man im letzteren Falle die Gegenwart des Nickels oft mittelst des Löthrohres nicht deutlich erkennen kann, so prüft man 1

bb. den Rest des Rückstandes, indem man ihn in etwas Salzsäure unter Zusatz einiger Tropfen Salpetersäure löst, die Lösung fast zur Trockne verdampft, salpetrigsaures Kali und endlich 1

*) Zeigt sich die Lösung durch mangansaures Natron grün, so erhitzt man sie mit einigen Tropfen Weingeist und filtrirt das ausgeschiedene Manganhyperoxyd ab.

Essigsäure zusetzt (§. 109. 14). Entsteht nach längerem Stehen in der Wärme ein gelber Niederschlag, so bestätigt derselbe die Anwesenheit des Kobalts. Man filtrirt nach etwa 12 Stunden ab und prüft das Filtrat mit Natronlauge auf Nickel.

2. Ermittelung der Basen der dritten und vierten Gruppe, 150
wenn die Möglichkeit vorliegt, dass mit denselben phosphorsaure, borsaure, oxalsaure, kieselsaure (bei Anwesenheit organischer Substanzen möglichenfalls auch weinsteinsaure und eitronensaure) alkalische Erden, Fluorverbindungen ihrer Metalle oder auch Kieselsäurehydrat niedergefallen sein können, d. h. wenn die ursprüngliche Lösung eine saure oder alkalische war, und bei der in (134) vorgenommenen Vorprüfung schon durch Ammon ein Niederschlag entstand.

Man versetzt die in (134) genannte Flüssigkeit mit etwas Salmiak, dann mit Ammon, bis eben zur alkalischen Reaction, endlich mit Schwefelammonium, bis die Flüssigkeit nach dem Umschütteln deutlich danach riecht, schüttelt, bis der Niederschlag sich abzuscheiden anfängt, erwärmt einige Zeit gelinde und filtrirt ab.

Das Filtrat, welches die Basen der Gruppen II. und I. enthält oder enthalten kann, hebt man auf, um es später nach §. 195 zu untersuchen, mit dem Niederschlage aber verfährt man, nachdem er mit Wasser, dem man sehr wenig Schwefelammonium zugesetzt hat, ausgewaschen worden ist, nach folgendem Gange. — Um die in demselben zu überwindenden Schwierigkeiten klar vor Augen zu stellen, erinnere ich daran, dass man in dem Niederschlage auf folgende Körper zu prüfen hat: Eisen, Nickel, Kobalt (verrathen sich schon durch schwarze oder schwärzliche Färbung des Niederschlages), Mangan, Zink, Chromoxyd (verräth sich meist schon durch die Farbe der Lösung), Thonerde, — Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia, welche letzteren niedergefallen sein können in Verbindung mit Phosphorsäure, Borsäure, Oxalsäure, Kieselsäure, in Form von Fluormetallen, oder auch in Verbindung mit Chromoxyd. Ausserdem kann sich auch freie Kieselsäure als Hydrat und freier Schwefel in dem Niederschlage befinden. (Bei Anwesenheit organischer Substanzen können endlich auch weinsteinsaure und citronensaure alkalische Erden — z. B. weinsteinsaurer Kalk oder citronensaurer Baryt — in dem Niederschlage vorhanden sein.)

Da die ursprüngliche Substanz auf alle in ihr möglicherweise 151
enthaltenen Säuren später doch geprüft werden muss, so ist es nicht nothwendig, schon hier auf die erwähnten Säuren zu prüfen; da es aber oft von Interesse ist, dieselben sogleich kennen zu lernen, namentlich wenn man in dem Schwefelammoniumniederschlage grös-

sere Mengen einer alkalischen Erde findet, so soll die Ermittelung der fraglichen Säuren nach der der Basen besprochen werden.

Man entfernt den Niederschlag unmittelbar nach beendigtem Auswaschen vom Filter mit einem kleinen Spatel oder indem man ihn abspritzt, und übergiesst ihn mit verdünnter kalter Salzsäure (etwa 1 Thl. Salzsäure von 1,12 specif. Gewicht und 5 Thle. Wasser) in mässigem Ueberschuss.

a. Es bleibt ein Rückstand. Man filtrirt denselben ab und verfährt mit dem Filtrate nach (154). Der Niederschlag kann, wenn er schwarz ist, Schwefelnickel und Schwefelkobalt, ausserdem Kieselsäure und Schwefel, möglichenfalls auch Fluorcalcium (welches in Salzsäure etwas schwer löslich ist) enthalten. — Man wäscht ihn aus und prüft eine Probe mit Phosphorsalz vor dem Löthrohr in der äusseren Flamme. — Bleibt ein Kieselskelett ungelöst (§. 150. 8), so wird dadurch Kieselsäure erkannt; die Farbe der Perle lässt dabei häufig Kobalt oder Nickel sofort erkennen, vergl. (148). Den Rest des Niederschlages äschert man ein und prüft denselben zunächst auf Fluor durch Erhitzen mit Schwefelsäurehydrat (§. 146. 5). Fand man solches, so bleibt beim Behandeln des Rückstandes mit wenig Wasser und nach Zusatz eines gleichen Volumens Weingeist schwefelsaurer Kalk zurück. Die schwefelsaure Lösung prüft man schliesslich — nöthigenfalls nach Verdampfen des Weingeistes, und nach Ausfällung meist noch vorhandener Eisenspuren durch Ammon — auf Kobalt und Nickel wie in (147) bis (150), wenn man aus der Löthrohrperle keinen hinlänglich sichern Schluss ziehen konnte.

b. Es bleibt (ausser etwas ausgeschiedenem Schwefel, dessen Reinheit nach dem Auswaschen und Trocknen durch Verbrennen desselben zu constatiren ist) kein Rückstand: Abwesenheit von Nickel und Kobalt, wenigstens von irgend bedeutenderen Mengen derselben.

Man kocht die Lösung bis der Schwefelwasserstoff entwichen, filtrirt sie wenn nöthig und stellt mit derselben folgende Prüfungen an:

α. Man versetzt eine kleine Probe mit verdünnter Schwefelsäure. Entsteht hierdurch ein Niederschlag, so kann derselbe schwefelsaurer Baryt und Strontian, möglichenfalls auch schwefelsaurer Kalk sein. — Man filtrirt ihn ab, wäscht ihn aus und prüft ihn entweder nach §. 99, letzter Absatz (durch Flammenfärbung), oder man zersetzt ihn durch Kochen oder Schmelzen mit kohlensaurem Alkali, wäscht die kohlensauren Salze aus, löst sie in Salzsäure, verdampft zur Trockne, nimmt mit Wasser auf und prüft die Lösung nach (164). — Die durch verdünnte Schwefelsäure nicht gefällte oder von dem entstandenen Nieder-

schlage abfiltrirte Flüssigkeit mischt man mit 3 Vol. Weingeist. Entsteht hierdurch ein Niederschlag, so ist derselbe schwefelsaurer Kalk. Man filtrirt ihn ab, löst ihn in Wasser und überzeugt sich durch Zusatz von oxalsaurem Ammon zu der Lösung.

β. Eine grössere Probe erhitzt man mit etwas Salpetersäure und 156
prüft ein kleines Theilchen der Lösung mit tropfenweise zuzusetzendem Ferrocyankalium oder mit Rhodankalium auf Eisen*); den ganzen Rest versetzt man mit so viel Eisenchlorid, dass ein Tropfen, auf einem Uhrglase mit einem Tropfen Ammon vermischt, einen gelblichen Niederschlag liefert**), verdampft die Flüssigkeit, am besten auf dem Wasserbade, bis auf einen kleinen Rest, fügt etwas Wasser, dann wenige Tropfen kohlensaure Natronlösung zu, um die freie Säure fast abzustumpfen, endlich kohlensauren Baryt in einigem Ueberschuss, rührt um und lässt kalt stehen, bis die über dem Niederschlage befindliche Flüssigkeit farblos geworden ist. Man filtrirt den Niederschlag aa. von der Lösung bb. ab und wäscht ihn aus.

aa. Den *Niederschlag* kocht man nunmehr mit Natron- oder Kali- 157
lauge einige Zeit, filtrirt und prüft das Filtrat durch Ansäuern mit Salzsäure, Zusatz von Ammon bis zur alkalischen Reaction und Kochen auf Thonerde***), den in Natronlauge unlöslichen Theil des Niederschlages prüft man auf Chrom, indem man ihn mit kohlensaurem Natron und chlorsaurem Kali schmelzt (§. 102. 8).

bb. Die *Lösung* versetzt man zunächst mit einigen Tropfen Salzsäure, kocht (um alle Kohlensäure zu entfernen) und fügt dann etwas Ammon und Schwefelammonium zu.

αα. *Es entsteht kein Niederschlag:* Abwesenheit von Mangan 158
und Zink. Man versetzt die Chlorbaryum enthaltende Lösung mit verdünnter Schwefelsäure in geringem Ueberschuss, kocht, filtrirt, übersättigt mit Ammon und versetzt mit oxalsaurem Ammon. Entsteht ein Niederschlag von oxalsaurem Kalk, so filtrirt man denselben ab und prüft das Filtrat mit phosphorsaurem Natron auf Magnesia.

---

*) Ob das Eisen als Oxydul oder Oxyd vorhanden war, muss durch Prüfung der ursprünglichen Lösung in Salzsäure mit Ferridcyankalium und Rhodankalium ermittelt werden. — **) Der Zusatz des Eisenchlorids ist nothwendig, um die Abscheidung etwa vorhandener Phosphorsäure und Kieselsäure zu bewerkstelligen. — ***) Enthält die Lösung oder die angewandte Natron- oder Kalilauge Kieselsäure, so kann der für Thonerde gehaltene Niederschlag auch Kieselsäure sein. Eine einfache Prüfung mit Phosphorsalz am Platindraht in der Löthrohrflamme belehrt, ob er letztere enthält. Ist dies der Fall, so glüht man den Rest des vermeintlichen Thonerdeniederschlages auf dem Deckel des Platintiegels, fügt etwas saures schwefelsaures Kali hinzu, schmelzt und behandelt mit Salzsäure. Es löst sich alsdann, unter Zurücklassung der Kieselsäure, die Thonerde; sie wird aus der Lösung durch Ammon gefällt.

$\beta\beta$. *Es entsteht ein Niederschlag.* Man filtrirt denselben ab und verfährt mit dem Filtrat nach (158). Den Niederschlag aber, der aus Schwefelmangan, Schwefelzink sowie aus Spuren von Schwefelkobalt und Schwefelnickel bestehen, auch — wenn weinsteinsaure oder citronensaure alkalische Erden zugegen sind — Schwefeleisen enthalten kann, behandelt man nach dem Auswaschen zur Prüfung auf Mangan, Zink, Kobalt und Nickel (wenn man die beiden letzteren nicht bereits in (153) gefunden hat) nach (143 bis 150).

γ. Hat man in α und β alkalische Erden gefunden und wünscht man zu wissen, in Verbindung mit welchen Säuren sie in den Schwefelammoniumniederschlag übergegangen sind, so stellt man zur Ermittelung der fraglichen Säuren folgende Versuche mit dem Rest der salzsauren Lösung des durch Schwefelammonium entstandenen Niederschlages an:

aa. Eine Probe lässt man in einem kleinen Schälchen oder Uhrglase im Wasserbade verdampfen, trocknet den Rückstand im Wasserbade gut aus und behandelt ihn dann mit Salzsäure. Ist Kieselsäure in der Lösung gewesen, so bleibt sie jetzt ungelöst zurück. Die Lösung prüft man alsdann, nachdem man sie mit Salpetersäure eingedampft hat, auf Phosphorsäure mittelst Molybdänsäure (§. 142. 10).

bb. Eine zweite versetzt man, nachdem man sie durch Abdampfen concentrirt hat, mit überschüssigem kohlensaurem Natron, kocht einige Zeit, filtrirt und prüft einen Theil des Filtrats auf Oxalsäure, indem man mit Essigsäure ansäuert und Gypslösung zufügt, — einen anderen auf Borsäure, indem man mit Salzsäure schwach ansäuert und mit Curcumapapier prüft (§. 144 und §. 145). (Bei Anwesenheit organischer Substanzen kann der Rest des Filtrates zur Prüfung auf Weinsteinsäure und Citronensäure verwendet werden, vergl. [198].)

cc. Den Rest fällt man mit Ammon, filtrirt, wäscht aus, trocknet und prüft den Niederschlag auf Fluor nach §. 146. 5.

§. 195 *).

(Abscheidung und Ermittelung der durch kohlensaures Ammon bei Gegenwart von Salmiak fällbaren Oxyde der Gruppe II: Baryt, Strontian, Kalk.)

Man setzt zu einem Pröbchen der Flüssigkeit, in welcher Ammon und Schwefelammonium keinen Niederschlag hervor-

*) Vergl. hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte.

gebracht haben (135) oder die von dem entstandenen abfiltrirt ist, Salmiak, wenn noch kein Ammonsalz in der Flüssigkeit vorhanden ist, dann kohlensaures und etwas kaustisches Ammon und erwärmt eine Zeit lang sehr gelinde (nicht zum Kochen).

1. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit irgend grösserer 163
Mengen von Baryt, Strontian und Kalk. — Man fügt, um auch Spuren derselben zu entdecken, zu einer zweiten Probe etwas schwefelsaures Ammon (durch Uebersättigung von verdünnter Schwefelsäure mit Ammon zu bereiten), entsteht eine Trübung, so werden dadurch Spuren von Baryt angezeigt, — zu einer dritten Probe setzt man etwas oxalsaures Ammon, trübt sich die Flüssigkeit, vielleicht erst nach einigem Stehen, so sind Spuren von Kalk zugegen. — Man verfährt mit dem ganzen Reste der Flüssigkeit nach §. 196, nachdem man zuvor etwaige Baryt- oder Kalkspuren durch die Reagentien entfernt hat, welche zu ihrer Auffindung dienten.

2. Es entsteht ein Niederschlag: Anwesenheit von Kalk, Baryt 164
oder Strontian. Man verfährt mit der ganzen Flüssigkeit, von welcher man ein Theilchen mit Ammon und kohlensaurem Ammon geprüft hat, wie mit der Probe, filtrirt den entstehenden Niederschlag nach gelindem Erwärmen ab, prüft Proben des Filtrats auf noch darin möglichenfalls vorhandene Spuren von Baryt und Kalk mit schwefelsaurem und oxalsaurem Ammon, entfernt etwa gefundene mit Hülfe dieser Reagentien und verfährt mit der so von Baryt, Strontian und Kalk vollkommen befreiten Flüssigkeit zur Prüfung auf Magnesia nach §. 196. Den durch kohlensaures Ammon erzeugten Niederschlag aber wäscht man aus, löst ihn in möglichst wenig verdünnter Salzsäure, verdampft die Lösung im Wasserbade zur Trockne, nimmt den Rückstand mit wenig Wasser auf und setzt zu einem Pröbchen dieser, freie Säure nicht oder kaum mehr enthaltenden und concentrirten, Lösung Gypssolution in nicht zu geringer Menge.

   a. *Es entsteht dadurch* auch nach längerer Zeit *kein Niederschlag*: Abwesenheit von Baryt und Strontian *). Anwesenheit von Kalk. Ueberzeugung durch Versetzen einer zweiten Probe mit oxalsaurem Ammon.

   b. *Es entsteht durch Gypslösung ein Niederschlag.*

      a. Er entsteht sogleich: zeigt Baryt an; zugleich kann noch Stron- 165
      tian und Kalk zugegen sein.

*) Sehr geringe Strontianspuren lassen sich auf diesem Wege nicht mehr entdecken, da ja der schwefelsaure Strontian nicht unlöslich, sondern nur sehr schwer löslich ist. In Betreff der Nachweisung auch der kleinsten Strontianmengen vergl. daher §. 99.

Man verdampft den Rest der salzsauren Lösung des durch kohlensaures Ammon entstandenen Niederschlages zur Trockne, digerirt den Rückstand mit starkem Weingeist, giesst die Lösung von dem ungelöst gebliebenen Chlorbaryum ab, verdünnt sie mit der gleichen Menge Wasser, versetzt sie mit einigen Tropfen Kieselfluorwasserstoffsäure (welche die kleine Menge Baryt, die sich in der Form von Chlorbaryum gelöst hatte, ausfällt), lässt längere Zeit stehen, filtrirt und versetzt das Filtrat mit verdünnter Schwefelsäure. Entsteht hierdurch ein Niederschlag, so ist Strontian oder Kalk, oder so sind beide zugegen. Man filtrirt den Niederschlag nach einiger Zeit ab und prüft ihn nach Seite 119 auf Strontian und Kalk, wobei zu bemerken, dass die Trennung der schwefelsauren Salze durch Kochen mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammon für gewöhnliche Fälle genügt, während bei sehr feinen Untersuchungen die salpetersauren Salze durch Aether-Weingeist zu trennen sind und der darin unlösliche Rückstand spectralanalytisch zu prüfen ist.

β. *Er entsteht erst nach einiger Zeit*: zeigt die Abwesenheit des Baryts, die Anwesenheit des Strontians an. — Man versetzt den Rest der wässerigen Lösung der Chlormetalle mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammon in nicht zu geringer Menge und kocht unter Erneuerung des verdampfenden Wassers und unter Zusatz von Ammon, so dass die Flüssigkeit alkalisch bleibt, einige Zeit hindurch. Man filtrirt alsdann von dem ungelöst gebliebenen schwefelsauren Strontian ab und prüft das Filtrat auf Kalk mit oxalsaurem Ammon.

§. 196.

(Prüfung auf Magnesia.)

Von der Flüssigkeit, in welcher kohlensaures, schwefelsaures und oxalsaures Ammon keine Niederschläge hervorgebracht haben (163), oder die von den entstandenen abfiltrirt ist (164), nimmt man eine Probe, fügt Ammon, dann etwas phosphorsaures Natron zu, reibt, sofern nicht sogleich ein Niederschlag entsteht, die Glaswände mit einem Glasstabe gelinde und lässt einige Zeit stehen.

1. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit der Magnesia. Man verdampft eine weitere Probe der Flüssigkeit (zweckmässig in der Höhlung eines Platintiegel-Deckels) zur Trockne und glüht gelinde. *Bleibt ein Rückstand*, so behandelt man den ganzen Rest der Flüssigkeit wie diese Probe und untersucht den mässig geglühten und dadurch von Ammonsalzen befreiten Rückstand auf Kali und Natron

nach §. 197. — *Bleibt kein Rückstand*, so erkennt man daraus die Abwesenheit der fixen Alkalien und geht daher gleich zu §. 198 über.

2. Es entsteht ein krystallinischer Niederschlag: Anwesenheit der Magnesia *). Da man auf Alkalien nur dann sicher prüfen kann, wenn die Magnesia entfernt ist, so verdampft man den ganzen Rest der Flüssigkeit zur Trockne und glüht, bis alle Ammonsalze entfernt sind. Man erwärmt den Rückstand mit etwas Wasser, setzt aus Barytkrystallen bereitetes Barytwasser **) zu, so lange noch ein Niederschlag entsteht, kocht, filtrirt ab, setzt zum Filtrat eine Mischung von kohlensaurem und etwas kaustischem Ammon in geringem Ueberschuss, erwärmt eine Zeit lang gelinde, filtrirt, verdampft das Filtrat unter Zusatz von etwas Chlorammonium (um etwa entstandene ätzende oder kohlensaure Alkalien in Chlormetalle überzuführen) zur Trockne, glüht schwach, löst in wenig Wasser, fällt, wenn nöthig, nochmals mit Ammon und kohlensaurem Ammon, filtrirt, verdampft neuerdings und prüft endlich den etwa gebliebenen gelinde geglühten Rückstand nach §. 197. 168

§. 197.

Prüfung auf Kali und Natron.

Der gelinde geglühte, von Ammonsalzen und alkalischen Erden freie Rückstand, welcher in (167) oder in (168) erhalten worden ist, muss nunmehr auf Kali und Natron untersucht werden. Man löst ihn zu dem Behufe in wenig Wasser, filtrirt wenn nöthig, dampft so weit ein, dass man nur noch einen ganz kleinen Rest Flüssigkeit hat, bringt die Hälfte derselben auf ein Uhrglas, während man die andere Hälfte in dem Porzellanschälchen lässt.

1. Zu der letzteren setzt man nach dem Erkalten einige Tropfen *Platinchloridlösung*. Entsteht sogleich oder nach einiger Zeit ein gelber krystallinischer Niederschlag, so ist Kali zugegen. Entsteht kein 169

*) Phosphorsaure Ammon-Magnesia ist immer krystallinisch, erhält man daher durch phosphorsaures Natron einen geringen flockigen Niederschlag, so ist man nicht berechtigt auf Magnesia zu schliessen. Der geringe flockige Niederschlag, welcher hier zuweilen erhalten wird, ist phosphorsaure Thonerde. Man bekommt ihn dann, wenn Thonerde anwesend war und man beim Ausfällen der Oxyde der dritten und vierten Gruppe einen zu grossen Ammonüberschuss angewandt hat. Sein Auftreten ist durch den Umstand bedingt, dass phosphorsaure Thonerde in Ammonflüssigkeit weit unlöslicher ist als Thonerdehydrat. Phosphorsaure Thonerde unterscheidet sich von phosphorsaurer Ammonmagnesia durch ihre Unlöslichkeit in Essigsäure. — Der Niederschlag ist, wenn man ihn in dieser Weise prüfen will, zuvor abzufiltriren. — Aus der essigsauren Lösung fällt Ammon reine phosphorsaure Ammon-Magnesia. — **) Statt des Barytwassers kann man sich auch sehr gut einer dünnen Kalkmilch bedienen, welche durch wiederholtes Ausziehen mit Wasser von allen Alkalispuren befreit ist. Man fügt zur heissen Flüssigkeit unter Umrühren so lange zu, bis Curcumapapier stark gebräunt wird.

Niederschlag, so lässt man die Flüssigkeit in gelinder Wärme eintrocknen und behandelt den Rückstand mit sehr wenig Wasser (wenn nur Chlormetalle zugegen sind, noch besser mit einer Mischung von Wasser und Weingeist). Die kleinsten Spuren von Kali geben sich alsdann dadurch zu erkennen, dass eine geringe Menge eines schweren gelben Pulvers ungelöst bleibt (§. 89. 3). — Bei Anwesenheit eines Jodmetalles wird die Entdeckung des Kalis durch Platinchlorid in Folge der intensiven Braunfärbung der Flüssigkeit und der Ausscheidung von Jod beeinträchtigt; man prüft daher in solchem Falle auf Kali besser mit saurem weinsteinsaurem Natron.

2. Zu der anderen Hälfte fügt man etwas *antimonsaures Kali*. Entsteht 1.
dadurch sogleich oder nach einiger Zeit ein krystallinischer Niederschlag, so ist Natron zugegen. Die völlige Abwesenheit von Natron kann man erst dann mit Gewissheit annehmen, wenn auch nach zwölf Stunden keine Kryställchen von antimonsaurem Natron entstanden sind. In Betreff der Krystallform des Niederschlages und der bei der Prüfung zu beachtenden Vorsichtsmaassregeln vergleiche man §. 90. 2.

§. 198.

(Prüfung auf Ammon.)

Es bleibt jetzt noch die Prüfung auf Ammon übrig. Man 1
reibt etwas des zu untersuchenden Körpers, oder, wenn eine Flüssigkeit vorliegt, einen Theil derselben mit einem Ueberschuss von Kalkhydrat und nöthigenfalls etwas Wasser zusammen. Riecht das entweichende Gas nach Ammoniak, bläuet es feuchtes geröthetes Lackmuspapier, und entstehen weisse Nebel, wenn man ein mit Salzsäure befeuchtetes Stäbchen ins Glas senkt, so ist Ammon zugegen. Am empfindlichsten ist die Probe, wenn man das Zusammenreiben in einem kleinen Becherglase vornimmt und dieses mit einer Glasplatte bedeckt, an deren Unterseite sich ein Stückchen feuchten Curcumapapiers oder feuchten gerötheten Lackmuspapiers befindet.

Zusammengesetzte Verbindungen.

A. 1. In Wasser lösliche Körper.

Auffindung der Säuren *).

I. Bei Abwesenheit organischer Säuren.

§. 199.

Man überlegt vor Allem, welche Säuren überhaupt mit den gefundenen Basen in Wasser lösliche Verbindungen bilden, und nimmt bei der

*) Vergleiche hierzu die Erklärung im dritten Abschnitte.

folgenden Prüfung darauf Rücksicht. Anfängern wird dabei die im Anhang IV. mitgetheilte Tabelle gute Dienste leisten. — Da der im Folgenden angegebene Gang am leichtesten und sichersten zum Ziele führt, wenn die Säuren nur an Alkalien oder alkalische Erden gebunden sind, so erscheint es zuweilen zweckmässig, vor der Prüfung auf Säuren vorhandene Schwermetalle erst durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium auszufällen. Nachdem die Schwefelmetalle abfiltrirt sind und überschüssiger Schwefelwasserstoff durch Erwärmen, überschüssiges Schwefelammonium durch Ansäuern mit Salzsäure, Erwärmen und Abfiltriren des Schwefels beseitigt ist, geht man — unter Beachtung, dass in dieser Flüssigkeit auf Schwefel und auf Salzsäure, sowie auf Chromsäure und Chlorsäure natürlich nicht geprüft werden kann, und dass die Prüfung auf Schwefelsäure und Salpetersäure an Sicherheit verliert — zum folgenden Gange über. —

1. Die Säuren des Arsens, sowie Kohlensäure, an Metalle oder 172
Wasserstoff gebundenen Schwefel, Chromsäure und Kieselsäure wird man in der Regel schon beim Aufsuchen der Basen erkannt haben, siehe (20), (67) und (68). Chromsäure gibt sich ausserdem leicht durch die gelbe oder rothgelbe Farbe der Lösung zu erkennen. Im Zweifelsfalle prüft man darauf mit essigsaurem Bleioxyd unter Zusatz von Essigsäure (§. 138. 8) oder — wenn es sich um sehr geringe Spuren handelt — mit Blauholzabkochung (§. 138. 12).

2. Man versetzt eine Probe der Lösung mit Chlorbaryum, oder, wenn Blei, Silber oder Quecksilberoxydul zugegen ist, mit salpetersaurem Baryt, und fügt, wenn die Flüssigkeit sauer reagirt, Ammon zu bis zur neutralen oder schwach alkalischen Reaction.

   a. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit der Schwefel- 173
   säure, Phosphorsäure, Chromsäure, Kieselsäure, Oxalsäure, arseniger und Arsensäure, wie auch grösserer Mengen von Borsäure und Fluorwasserstoffsäure*). Man geht zu (175) über.

   b. Es entsteht ein Niederschlag. Man verdünnt die Flüssig- 174
   keit und setzt Salzsäure, beziehungsweise Salpetersäure, zu; löst sich der Niederschlag nicht oder nicht ganz, so ist Schwefelsäure vorhanden.

3. Man setzt zu einem Theile der Lösung salpetersaures Silberoxyd. 175
Entsteht hierdurch kein Niederschlag, so prüft man die Reaction und fügt, wenn sie sauer ist, vorsichtig und so, dass sich die Flüssigkeiten nicht mischen, etwas verdünntes Ammon, wenn sie dagegen alkalisch reagirt, in gleicher Weise etwas verdünnte Salpetersäure hinzu und

*) Bei Anwesenheit grösserer Mengen eines Ammonsalzes in der Lösung verliert dieser Schluss an Schärfe, weil Ammonsalze auf die Barytsalze der meisten der oben genannten Säuren (nicht auf schwefelsauren Baryt) einen mehr oder weniger lösenden Einfluss ausüben.

beobachtet genau, ob sich in der Berührungsschicht ein Niederschlag oder eine Trübung bildet.

a. Es ist weder sogleich noch später in der Berührungsschicht ein Niederschlag entstanden. Man geht zu (181) über; es ist weder Chlor, Brom, Jod, Cyan *), Ferro- und Ferridcyan, noch Schwefel, noch auch Phosphorsäure, Arsensäure, arsenige Säure, Chromsäure, Oxalsäure, Kieselsäure und, wenn die Lösung nicht zu verdünnt war, auch keine Borsäure zugegen.

b. Es ist ein Niederschlag entstanden. Man beobachtet die Farbe **), setzt alsdann Salpetersäure zu und schüttelt.

α. *Der Niederschlag löst sich vollkommen auf*: Man geht zu (181) über, denn es ist weder Chlor, noch Brom, Jod, Cyan, Ferro- und Ferridcyan, noch auch Schwefel vorhanden.

β. *Es bleibt ein Rückstand*: er deutet auf Chlor, Brom, Jod, Cyan, Ferro- oder Ferridcyan, und, wenn er schwarz oder schwärzlich ist, auf Schwefelwasserstoff oder ein lösliches Schwefelmetall. — Die Gegenwart des Schwefels lässt sich nöthigenfalls durch Vermischen einer weiteren Probe mit etwas Kupferlösung oder mit einer Lösung von Bleioxyd in Natronlauge leicht bestätigen.

aa. Man prüft eine neue Probe der Flüssigkeit auf Jod und nachher auf Brom nach den in §. 157 angegebenen Methoden.

bb. Man prüft eine kleine Probe mit Eisenchlorid auf Ferrocyan, eine zweite (sofern die Farbe des Silberniederschlages dazu Veranlassung gibt) mit einer, durch Erwärmen eines Drahtstiftchens mit verdünnter Schwefelsäure frisch bereiteten, Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul auf Ferridcyan. (Bei beiden Proben muss, wenn die ursprüngliche Lösung alkalisch war, etwas Salzsäure hinzugesetzt werden.)

cc. Cyan, wenn es in Form eines in Wasser löslichen einfachen Cyanalkalimetalles zugegen ist, lässt sich gewöhnlich durch den Geruch nach Blausäure erkennen, welchen die Substanz schon so, stärker bei Zusatz von ein wenig verdünnter Schwefelsäure zeigt. — Im Falle Ferrocyan oder Ferridcyan nicht zugegen ist, lässt sich das Cyan nach §. 155. 6 entdecken. In Betreff der Entdeckung, falls diese zugegen sind, vergl. §. 226.

dd. Im Falle Brom, Jod, Cyan, Ferrocyan, Ferridcyan und Schwefel nicht zugegen sind, war der durch Salpetersäure nicht gelöste Niederschlag Chlor-Silber.

---

*) Dass das Cyan im Cyanquecksilber durch salpetersaures Silberoxyd nicht angezeigt wird, wurde (73) erwähnt. — **) Chlor-, Brom-, Cyan- und Ferrocyansilber, oxalsaures, kieselsaures und borsaures Silberoxyd sind weiss, Jodsilber, dreibasisch phosphorsaures und arsenigsaures Silberoxyd sind gelb, arsensaures Silberoxyd und Ferridcyansilber sind braunroth, chromsaures Silberoxyd purpurroth, Schwefelsilber schwarz.

War dagegen von den übrigen Körpern einer oder der andere zugegen, so wird zuweilen eine besondere Prüfung auf Chlor nothwendig, nämlich dann, wenn man aus den Mengenverhältnissen der Niederschläge die Anwesenheit des Chlors noch nicht mit Sicherheit erschliessen kann *). In diesen seltenen Fällen bedient man sich der in §. 157 angegebenen Methoden.

4. Chlorsäure erkennt man an der Gelbfärbung, welche eintritt, wenn 181
man ein wenig der festen Substanz auf einem Uhrglase in etwas concentrirte Schwefelsäure einträgt (§. 160).

5. Auf Salpetersäure prüft man mit Eisenvitriol und Schwefelsäure (§. 159). Durch die Anwesenheit von einigen anderen Säuren wird diese Reaction beeinträchtigt oder verhindert. Wären solche — namentlich Chlorsäure, Chromsäure oder Jodwasserstoff — zugegen, so sind sie zunächst zu zerstören oder zu entfernen. In Betreff der Chlorsäure geschieht dies durch Glühen (§. 161 am Schluss), Chromsäure reducirt man mit schwefliger Säure und fällt das Chromoxyd durch Ammon, — Jodwasserstoffsäure lässt sich durch schwefelsaures Silberoxyd entfernen.

Es bleiben jetzt noch die Untersuchungen auf Phosphorsäure, Borsäure, Kieselsäure und Oxalsäure, sowie die auf Fluorwasserstoff übrig.

Auf die vier ersten Säuren braucht man nur dann zu prüfen, wenn sowohl Chlorbaryum als salpetersaures Silberoxyd in neutraler Lösung Niederschläge hervorgebracht haben. Vergleiche übrigens die Anmerkung zu (173).

6. Auf Phosphorsäure prüft man, indem man zu einer Probe Ammon 182
im Ueberschuss, dann Salmiak und schwefelsaure Magnesia setzt (§. 142. 7). Sehr geringe Mengen von Phosphorsäure findet man am leichtesten mit Molybdänsäure (§. 142. 10). Ist Arsensäure zugegen, so scheidet man solche erst durch Ausfällung der angesäuerten, auf etwa 70° C. erhitzten Lösung mittelst Schwefelwasserstoffgases ab.

7. Oxalsäure und Fluorwasserstoffsäure findet man bei Zusatz von Chlorcalcium zu einer neuen Probe. Reagirt die Flüssigkeit sauer, so setzt man Ammon zu bis zu alkalischer Reaction. Entsteht durch Chlorcalcium ein Niederschlag, der bei Zusatz von Essigsäure nicht verschwindet, so ist eine derselben, oder so sind beide zugegen. Man prüft alsdann Proben der ursprünglichen Substanz nach §. 146. 5 auf Fluor, nach §. 145. 7 auf Oxalsäure.

---

*) Erhält man z. B. mit Silberlösung einen reichlichen, in Salpetersäure unlöslichen Niederschlag, während die weitere Prüfung nur Spuren von Jod oder Brom ergab, so ist die Gegenwart des Chlors schon an und für sich erwiesen.

8. Auf Borsäure prüft man, nach schwachem Ansäuern einer Probe mit Salzsäure, mittelst Curcumapapiers (144. 6). Da Chlorsäure, Chromsäure und Jodwasserstoff die Reaction beeinträchtigen oder verhindern, so sind diese, sofern sie anwesend sein sollten, vor der Prüfung auf Borsäure zu zerstören oder zu entfernen (vergl. §. 199. 5).

9. Sollte man Kieselsäure bei der Prüfung auf Basen noch nicht gefunden haben, so säuert man eine Probe mit Salzsäure an, verdampft zur Trockne und behandelt den Rückstand mit Salzsäure (§. 150. 2).

Zusammengesetzte Verbindungen.

A. 1. In Wasser lösliche Körper.

Auffindung der Säuren.

II. Bei Anwesenheit organischer Säuren.

§. 200.

1. Die Prüfung auf die anorganischen Säuren, einschliesslich der Oxalsäure, wird in der in §. 199 beschriebenen Weise vorgenommen. — Da die weinsteinsauren und citronensauren Salze des Baryts und Silberoxyds in Wasser unlöslich oder wenigstens schwerlöslich sind, so kann Weinsteinsäure und Citronensäure nur dann zugegen sein, wenn sowohl Chlorbaryum als salpetersaures Silberoxyd in der neutralen Flüssigkeit Niederschläge erzeugt haben, doch hat man auch bei dieser Folgerung darauf zu achten, dass die genannten Salze in Ammonsalzsolutionen etwas löslich sind.

   Zur Prüfung auf die organischen Säuren gilt es zunächst, die Basen zu entfernen, deren Anwesenheit störend sein würde, d. h. alle der Gruppen III., IV., V. und VI. Man vollbringt deren Abscheidung nach den im Eingange des §. 184 beschriebenen Methoden und verfährt alsdann also:

2. Man macht eine Probe der hinlänglich concentrirten Flüssigkeit mit Ammon schwach alkalisch, setzt etwas Salmiak, dann Chlorcalcium in nicht zu geringer Menge zu, schüttelt tüchtig und lässt 10 bis 20 Minuten stehen.

   a. Es entsteht weder sogleich, noch nach einiger Zeit ein Niederschlag: Abwesenheit der Weinsteinsäure. Man geht zu (186) über.

   b. Es entsteht sogleich oder nach einiger Zeit ein Niederschlag. Man filtrirt denselben ab, bewahrt das Filtrat zur weiteren Untersuchung nach (186) auf und wäscht aus.

Den Niedersehlag, der — weil er aueh von phosphorsaurem, oxalsaurem etc. Kalk herrühren kann — noeh keineswegs auf die Anwesenheit von Weinsteinsäure schliessen lässt, digerirt und schüttelt man mit Natronlauge ohne zu erwärmen, verdünnt alsdann mit etwas Wasser, filtrirt ab und koeht das Filtrat eine Weile. Scheidet sieh dadurch ein Niederschlag aus, so lässt derselbe auf Weinsteinsäure sehliessen. Man filtrirt ihn heiss ab und unterwirft ihn der in §. 163. 8 angegebenen Prüfung mit Ammon und salpetersaurem Silberoxyd.

3. Man vermischt die Flüssigkeit, in der Chlorealcium keinen Nieder- 186
schlag hervorgebracht hat, oder die von dem entstandenen abfiltrirt ist (in welchem letzteren Falle man noch etwas Chlorcalcium hinzufügt), mit etwa drei Raumtheilen Alkohol.

a. Es entsteht kein Niederschlag. Abwesenheit der Citronen- 187
säure, Aepfelsäure und Bernsteinsäure. Man geht zu (190) über.

b. Es entsteht ein Niederschlag. Man filtrirt ihn ab, verfährt 188
mit dem Filtrat nach (190), mit dem Niederschlag aber, nachdem man ihn mit etwas Weingeist ausgewaschen hat, folgendermaassen:

Man löst ihn in wenig verdünnter Salzsäure auf dem Filter auf, setzt zum Filtrat Ammon bis zur alkalischen Reaction und erhitzt es alsdann eine Zeit lang zum Kochen.

α. Es bleibt klar: Abwesenheit der Citronensäure. Man setzt der Flüssigkeit wieder Alkohol zu, filtrirt den Niederschlag, welcher äpfelsauren und bernsteinsauren Kalk enthalten kann, ab, wäscht ihn mit etwas Weingeist aus, trocknet ihn bis aller Weingeist entfernt ist, löst ihn in einem Porzellanschälchen in starker Salpetersäure in nicht zu geringer Menge und verdampft auf dem Wasserbade zur Trockne (wobei Bernsteinsäure unverändert bleibt, Aepfelsäure aber unter Entwickelung von Kohlensäure in Oxalsäure übergeht). Den Rückstand kocht man mit einer überschüssigen Lösung von kohlensaurem Natron, filtrirt, neutralisirt mit Salzsäure genau, erhitzt, um die Kohlensäure zu entfernen und versetzt eine kleine Probe der Flüssigkeit mit Gypslösung. Entsteht ein weisser Niederschlag von oxalsaurem Kalk, so lässt derselbe auf Aepfelsäure schliessen. Auf Bernsteinsäure prüft man in dem Falle, indem man den Rest der Flüssigkeit mit überschüssigem Chlorcalcium versetzt, abfiltrirt und das Filtrat mit Weingeist vermischt. Ein entstehender Niederschlag lässt die Bernsteinsäure erkennen. Ist aus Aepfelsäure gebildete Oxalsäure nicht zugegen gewesen, so prüft man den Rest der neutralisirten Flüssigkeit mit Eisenchlorid auf Bernsteinsäure (§. 168). Hat man Aepfelsäure gefunden, so stellt man sich zweckmässig nochmals Kalkniedersehlag dar und prüft denselben naeh der in §. 166 angegebenen Weise

β. Es entsteht ein schwerer, weisser Niederschlag: Anwesenheit von Citronensäure. Man filtrirt kochend ab und verfährt mit dem Filtrat zur Prüfung auf Aepfelsäure und Bernsteinsäure wie im Falle *α.* — Um ganz gewiss zu sein, dass der entstandene Niederschlag citronensaurer Kalk ist, löst man denselben zweckmässig nochmals in etwas Salzsäure, erhitzt, übersättigt wieder mit Ammon und kocht, wodurch der Niederschlag aufs Neue entstehen muss (vergl. §. 164. 3).

4. Zum Filtrat von (188) oder zu der Flüssigkeit, in welcher beim Vermischen mit Alkohol kein Niederschlag entstand (187), setzt man, nachdem der Alkohol durch Erhitzen verjagt worden ist, und nachdem man genau mit Salzsäure neutralisirt hat, Eisenchlorid. Entsteht kein hellbrauner, flockiger Niederschlag, so ist Benzoësäure nicht zugegen; entsteht einer, so lässt er auf sie schliessen. Man filtrirt zu weiterer Ueberzeugung ab, digerirt und erhitzt den ausgewaschenen Niederschlag mit Ammon im Ueberschuss, filtrirt ab, verdampft das Filtrat fast zur Trockne und prüft mit Salzsäure auf Benzoësäure (§. 169. 2). Dieselbe kann man in der Regel auch in der ursprünglichen Substanz dadurch leicht erkennen, dass man ein Theilchen geradezu in verdünnte Salzsäure einträgt. Die Benzoësäure bleibt hierbei ungelöst. Man filtrirt sie ab und erhitzt auf Platinblech (§. 169. 1).

5. Man verdampft einen Theil der Lösung, nachdem sie, im Falle saurer Reaction, zuvor mit Natron gesättigt worden ist, zur Trockne, und übergiesst diesen Rückstand, oder, wenn man die ursprüngliche Substanz trocken hat, ein Theilchen derselben mit etwas Alkohol in einem Probirröhrchen, setzt etwa die gleiche Menge (dem Volumen nach) concentrirte Schwefelsäure zu und erhitzt zum Kochen. Entwickelt sich ein Geruch nach Essigäther, der sich meist bei oder nach dem Erkalten, wenn man umschüttelt, am deutlichsten erkennen lässt, so ist Essigsäure zugegen.

6. Auf Ameisensäure prüft man, indem man eine Probe der nöthigenfalls mit Salzsäure eben angesäuerten Flüssigkeit mit Quecksilberchloridlösung erhitzt. Weisse Trübung durch Ausscheidung von Quecksilberchlorür lässt Ameisensäure erkennen (§. 172. 6). — Man überzeugt sich weiter von ihrer Gegenwart durch salpetersaures Silberoxyd und durch salpetersaures Quecksilberoxydul (§. 172)*).

---

*) Bei Anwesenheit von Chromsäure oder Chlorsäure lässt sich die Ameisensäure durch die entstehende Silber- und Quecksilberreduction nicht erkennen. Man versetzt bei Anwesenheit der ersteren die ursprüngliche Lösung mit etwas Schwefelsäure, dann schüttelt man mit überschüssigem Bleioxyd, filtrirt, setzt zum Filtrat verdünnte Schwefelsäure im Ueberschuss und destillirt. Das Filtrat prüft man nach (192). Bei Anwesenheit von Chlorsäure bindet man die Säuren an Bleioxyd und trennt zunächst durch Weingeist das darin unlösliche ameisensaure von dem darin löslichen chlorsauren Salz. — Auch bei Gegenwart von Weinsteinsäure geht man sicherer, wenn man die Ameisensäure zuerst unter Zusatz verdünnter Schwefelsäure abdestillirt.

Zusammengesetzte Verbindungen.

A. 2. In Wasser unlösliche, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser lösliche Körper.

Auffindung der Säuren.

I. Bei Abwesenheit organischer Säuren.

§. 201.

Bei diesen Verbindungen hat man auf alle Säuren, mit Ausnahme der Chlorsäure, Rücksicht zu nehmen. — Cyanverbindungen und Silicate werden nicht nach diesem Gange untersucht (vergl. §. 204 und 205).

1. Kohlensäure, Schwefel (in Form von Schwefelmetallen), arsenige Säure, Arsensäure, Chromsäure hat man bereits beim Aufsuchen der Basen, Salpetersäure beim Glühen im Glasröhrchen (8) erkannt. 193

2. Man mengt eine Probe der Substanz mit 4 Thln. reinem kohlensaurem Natronkali, setzt, wenn ein Schwefelmetall zugegen sein sollte, etwas salpetersaures Natron zu, schmelzt bei Abwesenheit reducirbarer Metalloxyde im Platintiegel, bei Anwesenheit solcher im Porzellantiegel, kocht die geschmolzene Masse mit Wasser, fügt ein wenig Salpetersäure zu, doch muss die Flüssigkeit noch alkalisch bleiben, erhitzt nochmals, filtrirt und verfährt mit dem Filtrate zur Nachweisung aller mit den Basen verbunden gewesenen Säuren nach §. 199 *). 194

3. Da die phosphorsauren alkalischen Erden beim Schmelzen mit kohlensaurem Alkali nur unvollständig zerlegt werden, so löst man, wenn alkalische Erden vorhanden sind und Phosphorsäure noch nicht gefunden worden ist, zweckmässig eine neue Probe in Salpetersäure und prüft auf Phosphorsäure mit Molybdänsäurelösung (§. 142. 10). Ist Kieselsäure oder Arsensäure zugegen, so bereitet man eine salzsaure Lösung, scheidet die genannten Säuren ab, verdampft die Lösung unter Zusatz von Salpetersäure fast zur Trockne, verdünnt mit salpetersäurehaltigem Wasser und prüft dann mit Molybdänlösung. 195

*) War ein Schwefelmetall zugegen, so muss zur Prüfung auf Schwefelsäure eine besondere Portion der Substanz mit Salzsäure erhitzt und das Filtrat nach Wasserzusatz mit Chlorbaryum geprüft werden.

4. Auch auf Fluor prüft man, wenn die Untersuchung auf Basen alkalische Erden ergeben hat, zweckmässig eine besondere Portion nach §. 146. 5.

5. Kieselsäure kann man in der in (194) besprochenen Portion nur 1
suchen, wenn das Schmelzen im Platintiegel geschah. Fand es im Porzellantiegel statt, so prüft man eine besondere Probe durch Abdampfen der salzsauren oder salpetersauren Lösung (§. 150. 3).

6. Zur Prüfung auf Oxalsäure ist eine besondere Probe mit einer Lösung von kohlensaurem Natron zu kochen, vergl. (198). Das alkalische Filtrat säuert man mit Essigsäure an und prüft mit Gypslösung. Entsteht ein pulveriger Niederschlag, so deutet derselbe auf Oxalsäure. Zur Bestätigung prüft man eine Probe nach §. 145. 7, nachdem nöthigen Falles kohlensaure Salze durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure allein zersetzt sind.

Zusammengesetzte Verbindungen.

A. 2. In Wasser unlösliche, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser lösliche Körper.

Auffindung der Säuren.

II. Bei Anwesenheit organischer Säuren.

§. 202.

1. Die Prüfung auf anorganische Säuren wird vorgenommen nach 1
den Angaben des §. 201.

2. Auf Essigsäure prüft man nach §. 171. 7.

3. Ein Theilchen der Substanz bringt man auf einem Uhrglase mit einer geringen Menge verdünnter Salzsäure zusammen. Bleibt ein Rückstand, so ist dieser durch Erhitzen auf Benzoësäure zu prüfen. Etwas grössere Mengen derselben lassen sich so am leichtesten entdecken, sehr kleine aber können sich vollständig lösen, weshalb man auch in (198) auf Benzoësäure Rücksicht zu nehmen hat.

4. Einen Theil der Substanz kocht man mit einer im starken Ueber- 1
schuss zuzusetzenden Lösung von kohlensaurem Natron, der man — wenn sie nicht concentrirt sein sollte — noch etwas festes kohlensaures Natron zusetzt, einige Minuten lang und filtrirt von dem Niederschlage ab. — Man hat jetzt alle organischen Säuren an Natron gebunden in Lösung. Man concentrirt das Filtrat durch Abdampfen, säuert mit Salzsäure an, erhitzt, um die Kohlensäure auszutreiben und verfährt nach (185). Sollten durch Vermittelung or-

ganischer Säuren Schwermetalle in die Lösung übergegangen sein, so sind diese, bevor man auf die organischen Säuren prüft, durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium auszufällen.

Zusammengesetzte Verbindungen.

B. In Wasser, sowie in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser unlösliche oder schwer lösliche Körper.

Ausmittelung der Basen, Säuren und nichtmetallischen Elemente.

§. 203 *).

Unter dieser Rubrik sind folgende Körper und Verbindungen auf- 199
zuführen:

Schwefelsaurer Baryt, Strontian und Kalk**),
Schwefelsaures Bleioxyd***) und Chlorblei †),
Chlorsilber, Bromsilber, Jodsilber, Cyansilber ††), Ferro- und Ferridcyansilber †††),
Kieselsäure und viele Silicate.
Natürlich vorkommende oder stark geglühte Thonerde und manche Aluminate,
Geglühtes Chromoxyd und Chromeisenstein (Chromoxyd-Eisenoxydul),
Geglühtes und natürlich vorkommendes Zinnoxyd (Zinnstein),
Einige metaphosphorsaure und einige arsensaure Salze,
Fluorcalcium und einige andere Fluorverbindungen,
Schwefel,
Kohle.

Von diesen Verbindungen wird man den gesperrt gedruckten häufiger begegnen. Den Silicaten ist, weil sie in der Mineralanalyse eine so wichtige Rolle spielen, noch ein besonderes Capitel (§. 205 bis 208) gewidmet.

Man stellt mit der in Wasser und Säuren unlöslichen Substanz zunächst die in a. bis e. genannten Vorprüfungen an, sofern die Menge der

*) Vergleiche hierzu die Bemerkungen im dritten Abschnitte. — **) Der schwefelsaure Kalk geht theilweise schon in die Wasserlösung und häufig vollständig in die durch Säuren bewirkte Lösung über. — ***) Das schwefelsaure Bleioxyd kann vollständig in die durch Säuren bewirkte Lösung übergehen. — †) Chlorblei kann hier nur gefunden werden, wenn der in Säuren unlösliche Niederschlag nicht vollständig mit heissem Wasser ausgewaschen worden ist. — ††) Bromsilber, Jodsilber und Cyansilber werden durch Kochen mit Königswasser zerlegt und in Chlorsilber verwandelt, sie können also hier nur gefunden werden, wenn man mit einer Substanz zu thun hat, die — weil sie sich auch in Königswasser nicht löste — geradezu nach §. 203 untersucht wird. — †††) In Betreff der Untersuchungen dieser Verbindungen vergleiche auch §. 204.

Substanz es irgend zulässt. Ist dies nicht der Fall, so geht man sogleich zu (205) über, muss aber alsdann die Anwesenheit aller im Eingange des Paragraphen genannten Körper voraussetzen.

a. Man untersucht genau die physikalische Beschaffenheit des Rückstandes, um zu erfahren, ob er gleichartig oder ungleichartig, sandig, feinpulverig, gleichmässig gefärbt, oder aus verschiedenfarbigen Theilchen gemengt ist etc. Sehr gute Dienste leistet hierbei das Mikroskop, auch wohl die Loupe.

b. Man erhitzt eine kleine Probe in einem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen. — Entsteht brauner Dampf und sublimirt Schwefel, so ist solcher zugegen.

c. Ist die Substanz schwarz, so deutet dies in den meisten Fällen auf Kohle (Holzkohle, Steinkohle, Knochenkohle, Kienruss, Graphit etc.). Man erhitzt eine kleine Probe auf Platinblech von unten mit dem Löthrohre. Verbrennt die schwarzfärbende Substanz, so war sie Kohle. Graphit (schon an seinem Abfärbungsvermögen leicht zu erkennen) verbrennt nur bei Anwendung von Sauerstoffgas und bei starker Glühhitze vollständig.

d. Man erwärmt eine kleine Probe mit einem Stückchen Cyankalium und etwas Wasser einige Zeit, filtrirt und prüft das Filtrat mit Schwefelammonium. — Braunschwarzer Niederschlag zeigt an, dass der Rückstand Silberverbindungen enthält.

e. Sofern in d. ein ungelöster Rückstand blieb, wäscht man denselben mit Wasser vollständig aus und betröpfelt ihn sodann, wenn er weiss ist, mit etwas Schwefelammonium. Wird er dadurch schwarz, so sind Bleisalze zugegen. Ist dagegen der Rückstand an und für sich schwarz, so erhitzt man ihn mit etwas essigsaurem Ammon unter Zusatz von einigen Tropfen Essigsäure, filtrirt und prüft das Filtrat mit Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff auf Blei*).

Nach dem Resultate dieser Vorprüfungen richtet sich jetzt das weitere Verfahren.

1. a. Bleisalze sind nicht zugegen. Man geht zu (206) über.

b. Bleisalze sind zugegen. Man erhitzt die Substanz wiederholt mit einer concentrirten Lösung von essigsaurem Ammon, bis alles Bleisalz ausgezogen ist. Von dem Filtrat prüft man eine Probe auf Chlor, eine andere auf Schwefelsäure, den Rest durch Zusatz von überschüssiger Schwefelsäure und durch Schwefelwasserstoff auf Blei. — Liess essigsaures Ammon einen Rückstand, so wäscht man denselben aus und behandelt ihn nach (206).

*) Die Anwesenheit des Bleies in Silicaten, z. B. in bleihaltigem Glase, lässt sich auf diesen Wegen nicht erkennen.

2. a. Silbersalze sind nicht zugegen. Man geht zu (207) über. 206

b. Silbersalze sind zugegen. Man digerirt die Substanz, welche bleifrei war oder durch das Ausziehen mit essigsaurem Ammon bleifrei geworden ist, wiederholt mit Cyankalium und Wasser in gelinder Wärme (bei Anwesenheit von Schwefel in der Kälte), bis alles Silbersalz gelöst und entfernt ist. Bleibt ein *Rückstand*, so wäscht man denselben aus und verfährt damit nach (207). — Von dem Cyankalium enthaltenden *Filtrate* versetzt man den grössten Theil mit Schwefelammonium, um das Silber abzuscheiden. Durch Auflösen des ausgewaschenen Schwefelsilbers in Salpetersäure und Zusatz von Salzsäure zu der verdünnten Lösung überzeugt man sich, dass der für Schwefelsilber gehaltene Niederschlag auch sicher solches war. — Eine kleine Probe des cyankaliumhaltigen Filtrates prüft man auf Schwefelsäure*).

3. a. Schwefel ist nicht zugegen. Man geht zu (208) über. 207

b. Schwefel ist zugegen. Man erhitzt die silber- und bleifreie Substanz in einem bedeckten Porzellantiegel, bis aller Schwefel verjagt ist, und verfährt mit dem Rückstande, wenn ein solcher bleibt, nach (208).

4. Man mengt die silber-, blei- und schwefelfreie Substanz mit 2 Thln. 208
kohlensaurem Natron, 2 Thln. kohlensaurem Kali und 1 Theil Salpeter **), erhitzt in einem Platintiegel andauernd, bis der Inhalt ruhig schmilzt, stellt den glühenden Tiegel auf eine dicke, kalte Eisenplatte und lässt erkalten. Es gelingt hierdurch meist, die geschmolzene Masse als Ganzes aus dem Tiegel zu entfernen. Man weicht sie mit Wasser auf, kocht sie damit, filtrirt ab und wäscht den Rückstand so lange aus, bis Chlorbaryum in dem zuletzt ablaufenden Wasser keinen Niederschlag mehr hervorbringt. (Nur die ersten Waschwasser lässt man zum Filtrate ablaufen.)

a. *Die so entstandene Lösung* enthält die Säuren, welche in dem auf- 209
geschlossenen Rückstande enthalten waren. Sie kann aber ausserdem auch solche Basen enthalten, welche in ätzenden Alkalien löslich sind. — Man stellt mit derselben folgende Versuche an:

α. Ein Theilchen prüft man auf Schwefelsäure.

β. Ein zweites nach dem Ansäuern durch Salpetersäure mit Molybdänsäure auf Phosphorsäure und Arsensäure (§. 142. 10).

---

*) Das im Cyankalium enthaltene kohlensaure Kali kann nämlich eine vollständige oder theilweise Zersetzung etwa vorhandener schwefelsaurer alkalischer Erden veranlasst haben. — **) Der Zusatz von Salpeter ist auch bei weissen Pulvern nützlich, weil derselbe den nachtheiligen Einfluss etwa vorhandenen kieselsauren Bleioxyds auf den Platintiegel aufhebt. — Bei schwarzen Pulvern erhöht man die Menge des Salpeters entsprechend, auf dass vorhandene Kohle möglichst verbrannt, etwa anwesender Chromeisenstein aber besser aufgeschlossen wird.

Erhält man einen gelben Niederschlag, so entdeckt und entfernt man etwaige Arsensäure mit Schwefelwasserstoff und prüft dann nochmals, nachdem auch etwa vorhandene Kieselsäure abgeschieden worden, auf Phosphorsäure.

γ. Eine Probe prüft man auf Fluor (§. 146. 7).

δ. Ist die Lösung gelb, so ist Chromsäure zugegen. Ueberzeugung durch essigsaures Bleioxyd in einer mit Essigsäure angesäuerten Probe.

ε. Den Rest säuert man mit Salzsäure an, verdampft zur Trockne und behandelt den Rückstand mit Salzsäure und Wasser. Bleibt ein auch in siedendem Wasser unlöslicher Rückstand, so ist derselbe Kieselsäure. Die salzsaure Lösung prüft man sodann nach dem gewöhnlichen Gange auf die Basen, welche — weil sie sich in ätzenden Alkalien lösen — hier zugegen sein können.

b. *Den in* (208) *erhaltenen Rückstand* löst man in Salzsäure (Aufbrausen zeigt, dass alkalische Erden in demselben vorhanden sind, — ein in Salzsäure unlöslicher Rückstand wäre nach §. 130. 8 auf vielleicht ungelöst gebliebenes Zinnoxyd zu untersuchen) und untersucht die Flüssigkeit auf die darin enthaltenen Basen nach §. 190. — [Hat man in (210) viel Kieselsäure gefunden, so ist es zweckmässig, die Lösung des Rückstandes zur Trockne zu verdampfen und die Masse mit Salzsäure und Wasser zu behandeln, auf dass auch die im Rückstand gebliebene Kieselsäure möglichst entfernt werde.]

5. Fand sich in 4, dass der in Säuren unlösliche Rückstand ein Silicat enthält, so muss eine besondere Portion desselben nach (228) behandelt werden, um zu erforschen, ob das Silicat Alkalien enthält oder nicht.

6. Bleibt beim Behandeln des in (208) erhaltenen Rückstandes mit Salzsäure (211) ein Rückstand, so kann derselbe entweder ausgeschiedene Kieselsäure oder ein nicht zersetzter Antheil schwefelsauren Baryts, er kann aber auch Fluorcalcium und, wenn er dunkel gefärbt ist, Chromeisenstein sein, denn diese beiden Verbindungen zersetzen sich bei der in (208) beschriebenen Behandlung nur schwierig. Ich erinnere daher daran, dass Fluorcalcium leicht durch Schwefelsäure zerlegt werden kann, und theile in Betreff der Aufschliessung von Chromeisenstein mit, dass diese leicht gelingt, wenn man das feine Pulver in die zwölffache Menge geschmolzenen sauren schwefelsauren Kalis einträgt, oft umrührt und den Tiegel eine halbe Stunde lang erst gelinde, zuletzt stark glüht, bis das zweite Aequivalent Schwefelsäure ausgetrieben ist. Man setzt dann etwa die sechsfache Menge des Chromeisensteins kohlensaures Natron zu, erhitzt

zum Schmelzen, fügt nach und nach eine dem kohlensauren Natron gleiche Menge Salpeter zu und erhitzt nach einiger Zeit stark, indem man mit einem Platindraht fleissig umrührt. Nach dem Erkalten kocht man mit Wasser.

7. Enthielt der in Säuren unlösliche Rückstand Silber, so hat man noch 214
nachzuweisen, ob es schon in der ursprünglichen Substanz als Chlor-, Brom-, Jod- etc. Silber vorhanden gewesen ist, oder ob es erst durch die Behandlung beim Auflösen in die Form des Chlorsilbers überging. Man erschöpft zu dem Ende einen Theil der ursprünglichen Substanz mit siedendem Wasser, dann mit verdünnter Salpetersäure, wäscht den Rückstand mit Wasser aus und prüft nun zunächst eine kleine Probe desselben nach (203) auf Silber. Findet man solches, so ermittelt man den Salzbilder, mit dem es verbunden ist, indem man den Rest des Rückstandes zunächst mit ziemlich verdünnter Natronlauge kocht, filtrirt und die Flüssigkeit nach dem Ansäuern auf Ferro- und Ferridcyan prüft. Den ausgewaschenen Rückstand digerirt man sodann mit fein granulirtem Zink und Wasser unter Zusatz von etwas Schwefelsäure und filtrirt nach zehn Minuten. In der erhaltenen Lösung lässt sich geradezu auf Chlor, Brom, Jod und Cyan prüfen. Man kann aber auch zuerst das Zink mit kohlensaurem Natron fällen, um die Halogene in Verbindung mit Natrium zu erhalten.

Zweiter Abschnitt.

Praktisches Verfahren

in besonderen Fällen.

I. Besonderes Verfahren zur Zerlegung in Wasser unlöslicher Cyan-, beziehungsweise Ferrocyan- etc. Verbindungen, sowie von solche enthaltenden, in Wasser unlöslichen gemengten Substanzen*).

§. 204.

Da bei der Behandlung von Ferrocyan-, Ferridcyan- etc. Verbindungen nach der gewöhnlichen Weise oft so abweichende Erscheinungen eintreten, dass dadurch sehr leicht Irrungen entstehen, da ferner die Auflösung derselben in Säuren oft nur unvollkommen gelingt, so schlägt man, wenn jene zugegen sind, folgendes Verfahren ein.

1. Man kocht den durch Wasser von allen löslichen Substanzen befreiten Rückstand mit starker Kali- oder Natronlauge, setzt, wenn man einige Minuten gekocht hat, kohlensaures Natron zu und kocht nochmals einige Zeit, filtrirt, im Falle ein Rückstand bleibt, diesen ab und wäscht ihn aus.

a. Den *Rückstand*, welcher nunmehr frei von Cyan ist (nur bei Anwesenheit von Cyansilber würde er solches noch enthalten), behandelt man nach dem gewöhnlichen Gange und beginnt bei (35).

b. Die *Lösung*, welche, wenn Verbindungen zusammengesetzter Cyanradicale (Ferrocyan, Kobaltidcyan etc.) vorhanden waren, diese letzteren in Verbindung mit Alkalimetallen enthält, kann auch anderweitige Säuren, welche beim Kochen mit kohlensaurem Natron

*) Man mache sich, ehe man nach diesem Gange analysirt, vor Allem mit den im dritten Abschnitte der zweiten Abtheilung gegebenen Erläuterungen zu §. 204 bekannt.

von ihren Basen getrennt worden sind, enthalten und endlich solche Oxyde, welche in kaustischen Alkalien löslich sind.

Man unterwerfe sie folgender Behandlung:

α. Man versetzt die alkalische Flüssigkeit zur Prüfung auf darin enthaltene Metalle der vierten und fünften Gruppe mit etwas Schwefelwasserstoffwasser*). 218

aa. *Es entsteht kein bleibender Niederschlag*: Abwesenheit des Zinks und Bleies. Man geht zu (219) über.

bb. *Es entsteht ein bleibender Niederschlag*: Man fügt zu der Flüssigkeit tropfenweise Schwefelnatrium, bis die in der alkalischen Lösung enthaltenen Metalle der vierten und fünften Gruppe eben ausgefällt sind, erwärmt, filtrirt den Niederschlag ab, verfährt mit dem Filtrate nach (219), löst den ausgewaschenen Niederschlag in Salpetersäure, wobei Quecksilbersulfid zurückbleiben könnte, und untersucht die Lösung auf Kupfer und Blei, sowie auf Zink und andere Metalle der vierten Gruppe, welche ebenso wie das Kupfer durch Vermittelung organischer Materien in die alkalische Lösung übergegangen sein können.

β. Man versetzt die alkalische, nun auch etwas Schwefelalkalimetall enthaltende Flüssigkeit zur Prüfung auf Quecksilber (welches — weil sein Schwefelmetall in Schwefelkalium löslich — auch hier zugegen sein kann) und auf Metalle der sechsten Gruppe mit einer genügenden Menge Wasser, dann mit verdünnter Schwefelsäure bis zur sauren Reaction und fügt, falls die Flüssigkeit nicht stark nach Schwefelwasserstoff riecht, solchen noch hinzu. 219

aa. *Es entsteht kein Niederschlag*: Abwesenheit des Quecksilbers und der Oxyde der sechsten Gruppe. Man geht zu (220) über.

bb. *Es entsteht ein Niederschlag*: Man filtrirt ihn ab, wäscht ihn aus und verfährt damit zur Prüfung auf Quecksilber und die Metalle der sechsten Gruppe nach §. 191.

γ. Die mit Schwefelsäure angesäuerte Flüssigkeit kann jetzt noch die Metalle enthalten, welche mit Cyan zusammengesetzte Radicale bilden (Eisen, Kobalt, Mangan, Chrom), ausserdem auch Thonerde. Weiter sind in derselben nachzuweisen das Cyan, beziehungsweise Ferrocyan, Kobaltidcyan etc., sowie sonstige Säuren. Man theilt dieselbe daher in zwei Theile, aa und bb 220

*) Ein Zusetzen desselben oder ein Einleiten von Schwefelwasserstoffgas, bis die Flüssigkeit nach Schwefelwasserstoff riecht (bis also alles vorhandene Alkali in Schwefelwasserstoff-Schwefelalkalimetall übergegangen), ist natürlich zu vermeiden; es würde sonst auch in der alkalischen Lösung etwa vorhandene Thonerde, und es könnten selbst auch Schwefelmetalle der sechsten Gruppe gefällt werden, was nicht geschehen soll.

Mit aa verfährt man zur Nachweisung der Säuren nach §. 199 beziehungsweise §. 200*). (Kobaltidcyan lässt sich als solches daran erkennen, dass es mit Nickelsalzen einen grünlichen, mit Mangan- und Zinksalzen weisse Niederschläge bildet, deren Kobaltgehalt sich beim Zusammenschmelzen mit Borax zu erkennen gibt.)

bb verdampft man fast zur Trockne, setzt etwas reine concentrirte Schwefelsäure zu und erhitzt damit, bis der grösste Theil der freien Schwefelsäure entwichen. Den Rückstand löst mau in Wasser und prüft die Lösung auf Eisen, Mangan, Kobalt, Thonerde und Chromoxyd nach §. 194.

2. Eine weitere Probe zersetzt man durch andauerndes Erhitzen mit reiner concentrirter Schwefelsäure und prüft den Rückstand nach Abscheidung aller sonstigen Basen auf Alkalien.

II. Analyse der Silicate.

§. 205.

Ob eine zu untersuchende Substanz ein Silicat ist oder ein solches enthält, lehrt die einleitende Prüfung mit Phosphorsalz vor dem Löthrohre. Während des Schmelzens lösen sich nämlich die Metalloxyde, die abgeschiedene Kieselsäure schwimmt als durchscheinende aufgeschwollene Masse in der flüssigen Perle umher (§. 150. 8).

Die Untersuchung der Silicate weicht von dem gewöhnlichen Gange eigentlich nur in Hinsicht auf die vorbereitende Behandlung ab, der sie zu unterwerfen sind, um die Kieselsäure von den Basen zu trennen und letztere in Lösung zu bekommen.

Die sämmtlichen kieselsauren Salze und Doppelsalze zerfallen nun in zwei Abtheilungen, welche hier scharf hervorgehoben werden müssen, weil sie einen verschiedenen Gang des Verfahrens bedingen. Zu der ersten gehören die durch Säuren (Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure) leicht zersetzbaren, zu der anderen die durch Säuren schwer oder nicht zersetzbaren Silicate. — Viele Gesteine stellen Gemenge dar von Silicaten jener und dieser Art.

Um zu untersuchen, in welche Abtheilung ein gegebenes Silicat gehört, pulvert man dasselbe aufs Feinste und digerirt eine Probe mit Salzsäure bei einer dem Siedepunkte nahen Temperatur. Wird das Silicat dadurch nicht zerlegt, so versucht man eine zweite Probe durch längeres Erhitzen mit einer Mischung von 3 Thln. Schwefelsäurehydrat und 1 Thl. Wasser zu zerlegen. Lässt auch diese das Silicat unzersetzt, so gehört es zu der zweiten Abtheilung. — Ob durch Säuren Zersetzung erfolgte oder

*) Hierbei ist zu beachten, dass ursprünglich anwesend gewesenes Ferridcyan durch höherer Oxydation fähige Basen etc. in Ferrocyan übergeführt worden sein kann, z. B. $Cy_6Fe_2, 3K + KO, HO + 2FeO = 2(Cy_3Fe, 2K) + Fe_2O_3 + HO$.

nicht, lehrt meist der Augenschein, indem sich fast immer eine gefärbte Lösung bildet, und an die Stelle des ursprünglichen, schweren, beim Umrühren mit dem Glasstabe meistens knirschenden Pulvers gallertartig, flockig oder feinpulverig ausgeschiedenes Kieselsäurehydrat tritt. — Ob aber die Zersetzung eine vollständige gewesen, oder ob sie sich nur auf einen Gemengtheil des Gesteins etc. bezog, lässt sich finden, indem man das abgeschiedene Kieselsäurehydrat nach dem Auswaschen mit einer Lösung von kohlensaurem Natron kocht. Findet vollständige Lösung statt, so ist die Zersetzung eine totale, andernfalls eine bloss partielle gewesen. Diese Vorprüfungen lassen beurtheilen, ob man das Silicat nach §. 206, nach §. 207 oder nach §. 208 behandeln soll.

Ehe man weiter geht, prüft man auch eine Probe des Silicates auf einen Gehalt an Wasser, indem man sie in einem ganz trocknen Glasröhrchen erhitzt. Enthält die Substanz hygroskopische Feuchtigkeit, so muss sie zuvor bei 100° C. andauernd getrocknet werden. Die anfangs schwächer erhitzte Probe erhitzt man zuletzt heftig mittelst der verstärkten Gaslampe (Seite 28) oder des Löthrohres und verbindet damit zweckmässig eine vorläufige Prüfung auf Fluor (§. 146. 8).

A. Durch Säuren zersetzbare Silicate.

§. 206.

a. Durch Salzsäure oder Salpetersäure*) zerlegbare.

1. Man digerirt das feingepulverte Silicat bei einer dem Siedepunkte 222
nahe liegenden Temperatur mit Salzsäure bis zur vollständigen Zerlegung, filtrirt einen kleinen Theil der Flüssigkeit ab, verdampft den ganzen Rest sammt der darin suspendirten Kieselsäure zur Trockne, erhitzt den Rückstand unter stetem Umrühren bei einer 100° C. nicht oder nur wenig übersteigenden Temperatur, bis keine oder nur noch sehr wenige salzsaure Dämpfe mehr entweichen, lässt erkalten, befeuchtet den Rückstand mit Salzsäure, beziehungsweise Salpetersäure, setzt später etwas Wasser zu und erwärmt einige Zeit.

Durch diese Operation wird die Kieselsäure abgeschieden, die Basen aber werden als Chlormetalle, beziehungsweise salpetersaure Salze, gelöst. — Man filtrirt ab, wäscht den Rückstand gut aus, untersucht die Lösung nach dem gewöhnlichen Gange und beginnt bei §. 189. II oder III. Die rückständige Kieselsäure kann nie ohne Weiteres als rein betrachtet werden. Häufig enthält sie etwas Titansäure, zuweilen findet sich bei derselben etwas schwefelsaurer Baryt, möglichenfalls auch schwefelsaurer Strontian, nicht selten noch etwas Thonerde. Man prüft sie am besten, indem man sie in einer Platin-

*) Salpetersäure würde dann der Salzsäure vorzuziehen sein, wenn Silber- oder Bleiverbindungen zugegen wären.

schale mit Flusssäure und Schwefelsäure wiederholt erhitzt, bis die Kieselsäure als Kieselfluor entfernt ist. Schliesslich glüht man den Rückstand, schmelzt ihn mit saurem schwefelsaurem Kali und behandelt die Schmelze mit kaltem Wasser. Bleibt dabei ein unlöslicher Rückstand, so filtrirt man ihn ab und prüft ihn nach §. 99 auf schwefelsauren Baryt (und Strontian). Die verdünnte wässerige Lösung prüft man sodann durch andauerndes Kochen auf Titansäure*) (§. 104. 9) und die davon abfiltrirte Flüssigkeit mittelst Ammons auf Thonerde. — (Liegt die Möglichkeit vor, dass sich mit der Kieselsäure Chlorsilber abgeschieden haben kann, so digerirt man einen Theil derselben mit Ammon, filtrirt und prüft das Filtrat durch Uebersättigen mit Salpetersäure.)

2. Da in den Silicaten, namentlich den durch Salzsäure zerlegbaren, öfters auch andere Säuren sowie Metalloide vorkommen, so muss man, um dieselben nicht zu übersehen, noch auf Folgendes achten und nachstehende Versuche machen.

   α. Kohlensaure Salze geben sich beim Behandeln mit Salzsäure, Schwefelmetalle oft schon bei derselben Operation zu erkennen, andernfalls prüfe man darauf nach §. 156. 8.

   β. Ist die abgeschiedene Kieselsäure schwarz, beim Glühen an der Luft weiss werdend, so deutet dies auf Kohle oder organische Substanzen. Sind letztere zugegen, so entwickeln die Silicate beim Erhitzen in der Glasröhre einen empyreumatischen Geruch.

   γ. Auf Schwefelsäure, Phosphorsäure und Arsensäure prüft man den vor dem Abdampfen abfiltrirten Theil der salzsauren Lösung, und zwar auf erstere nach dem Verdünnen mit Wasser mittelst Chlorbaryums, auf Arsensäure durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in die auf 70° C. erwärmte Lösung und auf Phosphorsäure mit Molybdänlösung, nachdem man die salzsaure Lösung unter Zusatz von Salpetersäure im Wasserbade zur Trockne verdampft, den Rückstand mit Salpetersäure erwärmt

*) Wenn man die Kieselsäure durch Abdampfen im Wasserbade abgeschieden hat, so findet sich bei ihr nur ein Theil der Titansäure, der andere — oft der grössere — geht in die salzsaure Lösung über und fällt aus ihr bei Zusatz von Ammon mit der Thonerde und dem Eisenoxyd nieder. Um diesen Antheil zu finden, schmelzt man den getrockneten Niederschlag mit saurem schwefelsaurem Kali, löst die Schmelze in kaltem Wasser, filtrirt wenn nöthig, verdünnt stark, leitet so lange Schwefelwasserstoff durch, bis alles Eisenoxyd in Oxydul verwandelt ist und erhält die Flüssigkeit (ohne den Schwefel abzufiltriren) unter fortwährendem Durchleiten von Kohlensäure eine halbe Stunde im Sieden. Man filtrirt, wäscht aus und glüht, wobei der niedergefallene Schwefel verbrennt, die Titansäure zurückbleibt. Sollte sie noch eisenhaltig sein, so bringe man sie durch Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali und Behandlung der Schmelze mit kaltem Wasser wieder in Lösung und fälle sie durch Kochen mit unterschwefligsaurem Natron.

und filtrirt hat. War Arsen zugegen, so dient zur Prüfung auf Phosphorsäure die von dem Schwefelarsen abfiltrirte Flüssigkeit.

δ. Borsäure findet man am sichersten, indem man eine Probe der Substanz mit kohlensaurem Natronkali im Platinlöffel schmelzt, die Masse mit Wasser auskocht und die Lösung nach §. 144. 6 auf Borsäure prüft. 224

ε. Chlormetalle lassen sich aus manchen Silicaten schon durch Kochen mit Wasser ausziehen und im Filtrat mittelst Silberlösung nachweisen, — am sichersten aber ist es, eine Lösung des Minerals in verdünnter Salpetersäure zu bereiten und diese mit Silberlösung zu prüfen.

ζ. Fluormetalle, welche häufig bald in grösserer, bald in geringerer Menge in Silicaten vorkommen, findet man nach der §. 146. 6 angeführten Methode.

b. Durch Salzsäure nicht, wohl aber durch concentrirte Schwefelsäure zerlegbare Silicate.

Man erhitzt das sehr feine Pulver mit einer Mischung von 3 Thln. reinem Schwefelsäurehydrat und 1 Thl. Wasser (am besten in einer Platinschale), verdampft zuletzt die Schwefelsäure zum grössten Theil, kocht den Rückstand mit Salzsäure, verdünnt, filtrirt und verfährt mit der Lösung nach §. 190, — mit dem Rückstand aber, welcher ausser der abgeschiedenen Kieselsäure noch schwefelsaure alkalische Erden etc. enthalten kann, nach §. 206. 1. — Will man in solchen Silicaten auf Säuren und Salzbilder prüfen, so muss man einen besonderen Theil nach §. 207 behandeln. 225

B. Durch Säuren nicht zersetzbare Silicate*).

§. 207.

Da man solche am bequemsten durch Schmelzen mit kohlensaurem Natronkali aufschliesst, so lässt sich natürlicherweise in der so behandelten Portion auf Alkalien nicht prüfen. Es zerfällt daher die ganze Untersuchung in zwei Hauptabschnitte, indem man in einer Portion die Kieselsäure und sämmtliche Basen mit Ausnahme der Alkalien, in einer zweiten aber nur die Alkalien aufsucht und nachweist. — Ausserdem sind einige 226

*) Dass dieselben beim Erhitzen mit Salzsäure und Schwefelsäure in offenen Gefässen nicht zersetzt werden, erhellt aus dem in §. 205 Angeführten. Erhitzt man sie aber mit einer Mischung von 3 Thln. Schwefelsäurehydrat und 1 Thl. Wasser oder auch mit Salzsäure im fein gepulverten Zustande in einer zugeschmolzenen Glasröhre auf 200 bis 210° C., so werden die meisten derselben zersetzt und können somit auch in dieser Weise analysirt werden (Al. Mitscherlich).

weitere Versuche nöthig, um über die Gegenwart oder Abwesenheit anderweitiger Säuren zu belehren.

1. *Nachweisung der Kieselsäure und aller Basen mit Ausnahme der Alkalien.*

Man mengt das sehr feine Pulver mit 4 Thln. kohlensaurem Natron-Kali und schmelzt das Gemenge in einem Platintiegel über der Gas- oder Berzelius'schen Weingeistlampe, bis die Masse ruhig fliesst. Man stellt den glühenden Tiegel auf eine dicke, kalte Eisenplatte und lässt erkalten, wodurch es in der Regel gelingt, den geschmolzenen Kuchen aus dem Tiegel zu bringen. In diesem Falle zerschlägt man die Masse und hebt einen Theil zur Prüfung auf Säuren auf. Den zur Ermittelung der Basen bestimmten Theil, sei es, dass er lose Stücke darstellt, sei es, dass er noch fest in dem Tiegel haftet, übergiesst man in einer Porzellanschale mit Wasser, fügt Salzsäure zu und erwärmt, bis die Masse, mit Ausnahme der Kieselsäure, welche sich flockig ausscheidet, gelöst ist. — Man nimmt, wenn nöthig, den Tiegel aus der Schale, verdampft zur Trockne und verfährt mit dem Rückstande genau so, wie es in (222) angegeben ist.

2. *Nachweisung der Alkalien.*

Um diese zu bewerkstelligen, muss das Silicat mit Hülfe einer alkalifreien Substanz zerlegt werden. Am besten eignet sich hierzu Flusssäure oder ein Fluormetall, — aber auch durch Schmelzen mit Barythydrat lässt sich der Zweck erreichen.

a. Zerlegung mittelst eines Fluormetalls. Man mengt 1 Thl. des sehr fein geriebenen Pulvers mit 5 Thln. Fluorbaryum oder reinem, fein gepulvertem Flussspath oder mit 3 Thln. Fluorammonium, rührt das Gemenge in einem Platintiegel mit concentrirter Schwefelsäure zu einem dicklichen Brei an und erwärmt an einem Orte, wo die Dämpfe gut abziehen, längere Zeit gelinde, zuletzt stärker, bis alle überschüssige Schwefelsäure verjagt ist. Man kocht alsdann den Rückstand mit Wasser, fügt vorsichtig Chlorbaryum zu, so lange ein Niederschlag entsteht, dann Barytwasser bis zur alkalischen Reaction, kocht, filtrirt, versetzt mit kohlensaurem Ammon und etwas Ammon, so lange ein Niederschlag entsteht, und verfährt überhaupt genau so, wie oben im Gange der Analyse (168) angegeben.

b. Zerlegung mittelst Barythydrats. Man mengt 1 Thl. des sehr fein geriebenen Pulvers mit 4 Thln. Barythydrat, erhitzt das Gemenge in einem Platintiegel über einer guten Berzelius'schen oder Gaslampe eine halbe Stunde möglichst stark, behandelt die geschmolzene oder zusammengesinterte Masse mit Salzsäure und Wasser bis zur Lösung aller Basen, fällt mit Ammon und kohlensau-

rem Ammon, filtrirt, verdampft zur Trockne, glüht, löst den Rückstand in Wasser, fügt ein wenig reines Kalkhydrat zu, kocht, filtrirt, fällt nochmals mit Ammon und kohlensaurem Ammon, filtrirt wieder, verdampft, glüht und prüft den Rückstand auf Kali und Natron nach §. 197.

3. Prüfung auf Fluor, Chlor, Borsäure, Phosphorsäure, Arsensäure, Schwefelsäure.

Man verwendet den in (227) aufbewahrten Theil der geschmolzenen 230
Masse oder erhitzt nöthigenfalls eine besondere Menge der fein gepulverten Substanz mit 4 Thln. reinem kohlensaurem Natronkali bis zum ruhigen Fliessen, kocht mit Wasser aus, filtrirt die Lösung, welche alles Fluor als Fluornatrium, alles Chlor als Chlornatrium, alle Borsäure als borsaures, alle Schwefelsäure als schwefelsaures, alle Arsensäure als arsensaures Natron, und jedenfalls wenigstens einen Theil der Phosphorsäure als phosphorsaures Natron enthält, und prüft sie folgendermaassen: a. Eine kleine Probe macht man mit Salpetersäure sauer und prüft mit salpetersaurem Silberoxyd auf Chlor; — b. eine zweite prüft man auf Borsäure nach §. 144. 6; — c. eine dritte behandelt man zur Entdeckung des Fluors nach §. 146. 7; — d. den Rest säuert man mit Salzsäure an, prüft ein Theilchen mit Chlorbaryum auf Schwefelsäure, die ganze übrige Menge aber erwärmt man auf 70° C. und prüft mit Schwefelwasserstoff auf Arsensäure. Entsteht kein Niederschlag, so verdampft man die Flüssigkeit geradezu, im anderen Falle nach dem Filtriren, unter Zusatz von Salpetersäure zur Trockne, behandelt den Rückstand mit Salpetersäure und Wasser und prüft die Lösung mit schwefelsaurer Magnesia oder einer Auflösung von molybdänsaurem Ammon in Salpetersäure auf Phosphorsäure (§. 142).

C. Durch Säuren theilweise zersetzbare Silicate.

§. 208.

Die meisten der in der Natur vorkommenden Gebirgsarten stellen 231
Gemenge von mehreren Silicaten dar, von denen oft das eine durch Säuren zerlegbar ist, das andere nicht. Wollte man nun solche so behandeln wie die ganz unlöslichen, so würde man zwar die Elemente alle finden, welche in der ganzen Gebirgsart enthalten sind, einen tieferen Einblick in die eigentliche Zusammensetzung des Gesteins erhielte man aber nicht.

Man thut daher gut, diejenigen Gemengtheile gesondert zu untersuchen, welche zu Säuren ein abweichendes Verhalten zeigen. Man digerirt zu dem Behufe das sehr fein gepulverte Mineral mit Salzsäure längere Zeit in gelinder Wärme, filtrirt etwas von der Lösung ab, verdampft den grösseren Rest mit dem Rückstande zur Trockne, erhitzt unter Umrühren bei einer 100° C. nicht oder nur wenig übersteigenden Temperatur,

bis keine oder fast keine salzsaure Dämpfe mehr entweichen, befeuchtet den erkalteten Rückstand mit Salzsäure, erwärmt mit Wasser und filtrirt.

Diese Lösung, welche die Basen des durch Salzsäure zersetzbaren Gemengtheiles enthält, untersucht man nach (222), die erst abfiltrirte nach (223) γ, Theile der ursprünglichen Substanz nach (223) α u. β und (224) auf andere Säuren, den Rückstand aber, welcher neben der aus dem zersetzten Silicate abgeschiedenen Kieselsäure die nicht zersetzbaren Gemengtheile enthält, kocht man mit einem Ueberschuss von kohlensaurer Natronlösung, filtrirt heiss ab und wäscht zuerst mit heisser kohlensaurer Natronlösung, zuletzt mit siedendem Wasser aus. — Die so von der beigemischten ausgeschiedenen Kieselsäure befreiten unzersetzt gebliebenen Gemengtheile behandelt man nunmehr nach §. 207, die alkalische Flüssigkeit aber säuert man mit Salzsäure an, verdampft zur Trockne, behandelt mit Salzsäure und Wasser, filtrirt die Kieselsäure ab, macht das Filtrat mit Ammon alkalisch und erwärmt. Entsteht hierbei ein Niederschlag, so ist derselbe und nicht minder die abgeschiedene Kieselsäure nach (222) auf Titansäure zu prüfen. — Hat es kein Interesse, die Kieselsäure des durch Säuren zersetzten Theiles für sich abzuscheiden, so kann man die mühsame Behandlung mit kohlensaurem Natron ersparen und den mit jener gemengten Rückstand geradezu aufschliessen.

III. Analyse natürlicher Gewässer.

§. 209.

Bei Untersuchung der natürlichen Gewässer gestaltet sich der analytische Gang einfacher, weil man erfahrungsmässig die Körper und Verbindungen kennt, welche in denselben vorzukommen pflegen. — Obgleich nun eigentlich nur eine quantitative Analyse über die wahre Natur eines Wassers belehrt, indem gerade in den verschiedenen Verhältnissen der einzelnen Bestandtheile die Unterschiede der Gewässer hauptsächlich begründet sind, so kann doch auch die qualitative Analyse häufig schon recht nützliche Dienste thun, namentlich wenn man dabei berücksichtigt, ob ein Reagens nur eine schwache oder eine starke Trübung, einen geringen oder einen bedeutenden Niederschlag hervorbringt, weil hierdurch eine annähernde Schätzung der Mengenverhältnisse der Bestandtheile möglich wird.

Ich scheide im Folgenden die Untersuchung der gewöhnlichen süssen Gewässer (Quell-, Brunnen-, Bach-, Fluss- etc. Wasser) von der Untersuchung der Mineralwasser, zu denen auch das Meerwasser gerechnet werden mag; denn obgleich zwischen beiden Classen eine scharfe Grenze nicht gezogen werden kann, so ist doch die analytische Prüfung der ersteren ungleich einfacher, weil man bei derselben auf einen noch weit kleineren Kreis von Stoffen Rücksicht zu nehmen hat, als bei Untersuchung der Mineralwasser.

A. Untersuchung der gewöhnlichen süssen Gewässer (Quell-, Brunnen-, Bach-, Fluss- etc. Wasser).

§. 210.

Die Stoffe, auf welche man bei Untersuchung derselben Rücksicht 233
zu nehmen hat, sind erfahrungsmässig folgende:

a. Basen: Kali, Natron, Ammon, Kalk, Magnesia, Eisenoxydul.

b. Säuren etc.: Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, Kohlensäure, Salpetersäure, salpetrige Säure, Chlor.

c. Organische Materien.

d. Suspendirte Stoffe: Thon etc.

Es soll damit nicht gesagt sein, dass nicht auch andere Stoffe in den süssen Gewässern vorhanden sein könnten; es sind vielmehr solche in der That darin, wie dies die Entstehung der Quellen etc. schliessen lässt und wie es auch durch analytische Untersuchungen festgestellt wurde*). Ihre Quantität ist aber so gering, dass sie — wenn man nur mit Pfunden und nicht mit Centnern Wasser arbeitet — gewöhnlich nicht mehr aufgefunden werden können. Ich übergehe daher hier die Art ihrer Ermittelung und verweise in Betreff derselben auf §. 211.

1. Man kocht etwa 1000 bis 2000 Grm. des reinlich gefüllten Wassers 234
in einer Schale von echtem Porzellan auf die Hälfte ein. (Glasgefässe sind weniger zu empfehlen, da durch siedendes Wasser Glas weit mehr angegriffen wird als Porzellan.) In der Regel entsteht hierdurch ein Niederschlag. Man filtrirt denselben durch ein vollkommen reines (eisen- und kalkfreies) Filter ab, wäscht ihn, nachdem man das Filtrat weggenommen hat, gut aus und prüft alsdann Niederschlag und Filtrat also:

a. *Untersuchung des Niederschlages.*

Derselbe enthält die nur durch Vermittelung freier Kohlensäure, 235
beziehungsweise als doppelt-kohlensaure Salze, gelöst gewesenen Bestandtheile: kohlensauren Kalk, kohlensaure Magnesia, Eisenoxyd (welches als doppelt-kohlensaures Eisenoxydul in Lösung

*) Chatin (Journ. de Pharm. et de Chim. 3. Ser. T. XXVII, p. 418) fand in allen Süsswasserpflanzen Jod, in den Landpflanzen liess sich solches nicht nachweisen, also muss auch das Wasser der Flüsse, Bäche, Teiche etc. Spuren von Jodmetallen enthalten, wenngleich unendlich kleine. Nach Marchand (Compt. rend. T. XXXI, p. 495) enthalten alle natürlichen Gewässer Jod, Brom und Lithion. Van Ankum wies Jod in fast allen Trinkwassern Hollands nach. — Mit derselben Gewissheit wird man behaupten können, dass alle oder doch die meisten natürlichen Gewässer Strontian-, Baryt-, Fluor- etc. Verbindungen enthalten.

war und sich beim Kochen als Oxydhydrat, als kieselsaures Eisenoxyd und bei Anwesenheit von Phosphorsäure auch in Verbindung mit dieser, niederschlägt), phosphorsauren Kalk, — ferner Kieselsäure, zuweilen auch Gyps (wenn viel desselben vorhanden ist), sowie suspendirt gewesenen Thon.

Man löst den Niederschlag auf dem Filter in möglichst wenig verdünnter Salzsäure (Aufbrausen: Kohlensäure) und prüft Proben der Lösung also:

α. versetzt man mit Schwefelcyankalium, oder mit tropfenweise zuzusetzendem Ferrocyankalium zur Prüfung auf Eisen;

β. versetzt man, nach vorhergegangenem Aufkochen, mit Ammon, filtrirt, wenn nöthig, versetzt das Filtrat mit überschüssigem oxalsaurem Ammon und lässt längere Zeit an einem warmen Orte stehen. Weisser Niederschlag: Kalk (kohlensaurer oder auch schwefelsaurer, wenn man in *γ* Schwefelsäure findet); man filtrirt ab, versetzt das Filtrat aufs Neue mit Ammon, fügt etwas phosphorsaures Natron zu, rührt mit einem Glasstäbchen gelinde um und lässt 12 Stunden stehen. Weisser krystallinischer Niederschlag, den man zuweilen erst dann an den Wänden des Gefässes wahrnimmt, wenn man die Flüssigkeit ausgiesst: Magnesia (kohlensaure);

γ. versetzt man mit Chlorbaryum und lässt 12 Stunden an einem warmen Orte stehen. Hat sich nach dieser Zeit ein Niederschlag gebildet, der, wenn er sehr unbedeutend ist, am besten wahrgenommen wird, wenn man die oben stehende klare Flüssigkeit vorsichtig abgiesst und das letzte Restchen im Glase aufschüttelt, so ist Schwefelsäure im Niederschlage vorhanden gewesen;

δ. verdampft man unter Zusatz von Salpetersäure zur Trockne, behandelt den Rückstand mit Salpetersäure und Wasser, filtrirt etwa ausgeschiedene Kieselsäure ab und prüft das Filtrat mit Molybdänsäurelösung (§. 142. 10) oder auch mit essigsaurem Natron und Eisenchlorid (§. 142. 9) auf Phosphorsäure.

b. *Untersuchung des Filtrats.*

α. Man versetzt eine Probe mit ein wenig Salzsäure und Chlorbaryum. Weisser Niederschlag, gleich oder vielleicht auch erst nach längerem Stehen wahrnehmbar: Schwefelsäure.

β. Man versetzt eine Probe mit Salpetersäure und fügt salpetersaures Silberoxyd zu. Weisser Niederschlag oder solche Trübung: Chlor.

γ. Man prüft eine Probe auf Phosphorsäure, indem man mit Salpetersäure abdampft und mit der salpetersauren Lösung des Rückstandes wie in (237) verfährt.

δ. Man verdampft eine grössere Portion, bis sie ganz concentrirt geworden, und prüft die Reaction der Flüssigkeit. Ist sie alkalisch, braust ein Tropfen der concentrirten klaren Lösung, wenn man ihn auf einem Uhrglase mit einem Tropfen Säure vermischt und schlägt sich bei vorsichtigem Zusatz von Chlorcalcium zu der alkalischen Lösung kohlensaurer Kalk nieder, so ist ein kohlensaures Alkali zugegen. — Man verdampft sodann die Flüssigkeit völlig zur Trockne, kocht den Rückstand mit Weingeist, filtrirt, verdampft die alkoholische Lösung zur Trockne, löst den Rückstand in wenig Wasser und prüft die Lösung nach §. 159. 7, 8 oder 9 auf Salpetersäure*).

ε. Den ganzen Rest versetzt man mit etwas Salmiak, Ammon und überschüssigem oxalsaurem Ammon und lässt längere Zeit stehen. Niederschlag: Kalk. Man filtrirt ab und prüft

aa. eine kleine Probe mit Ammon und phosphorsaurem Natron auf Magnesia;

bb. den Rest verdampft man zur Trockne, glüht, scheidet etwa vorhandene Magnesia ab (168), und prüft nach §. 197 auf Kali und Natron.

2. Eine ziemlich grosse Portion des filtrirten Wassers säuert man mit 239
reiner Salzsäure an und verdampft bis fast zur Trockne; den Rückstand theilt man in zwei Theile und prüft

a. den einen mit Kalkhydrat auf Ammon (§. 91. 3)**);

b. den anderen verdampft man zur Trockne, befeuchtet den Rückstand mit Salzsäure, setzt Wasser zu, erwärmt und filtrirt, sofern ein Rückstand bleibt. Derselbe kann aus Kieselsäure und, wenn das Wasser auch durch Filtriren nicht vollständig klar geworden sein sollte, aus im Wasser suspendirt gewesenem Thon bestehen, welche durch Kochen mit kohlensaurer Natronlösung getrennt werden können. Häufig ist der Rückstand durch organische Materien dunkel gefärbt, wird aber beim Glühen völlig weiss.

3. Eine weitere Portion des frisch geschöpften Wassers versetzt man 240
mit Kalkwasser. Entsteht dadurch ein Niederschlag, so ist freie Kohlensäure oder so sind doppelt-kohlensaure Salze vorhanden. Ist ersteres der Fall, so erhält man keinen bleibenden Nieder-

*) Häufig ist dieses etwas umständlichere aber genaue Verfahren nicht erforderlich; man findet vielmehr die Salpetersäure schon ohne Mühe, wenn man das bis auf einen kleinen Rest eingedampfte Wasser direct prüft. — **) Bei klaren Wässern lässt sich auf Ammon auch sehr gut direct im nicht concentrirten Wasser mittelst Quecksilberchlorids unter Zusatz kohlensauren Kalis oder auch mittelst des Nessler'schen Reagens prüfen, vergl. S. 106 und 107.

schlag, wenn man eine grössere Portion des Wassers mit nur wenig Kalkwasser versetzt (weil sich in dem Falle löslicher doppelt-kohlensaurer Kalk bildet).

4. Auf salpetrige Säure*) prüft man, indem man eine Probe des Wassers mit etwas Jodkaliumstärkekleister (1 Thl. reinstes Jodkalium, 20 Theile Stärke, 500 Thle. Wasser) und reiner verdünnter Schwefelsäure versetzt und beobachtet, ob sogleich oder doch nach wenigen Minuten Bläuung eintritt (§. 158. 1). Die Vorsicht erheischt, dass man einen Gegenversuch mit denselben Reagentien und von salpetriger Säure freiem Wasser anstellt.

5. Organische Materien erkennt man, wenn eine Portion des Wassers zur Trockne verdampft und der Rückstand gelinde geglüht wird, an der eintretenden Schwärzung des Rückstandes. — Soll diese Probe entscheidende Resultate liefern, so muss das Verdampfen wie auch das Erhitzen des Rückstandes in einem Glaskolben oder einer Retorte geschehen.

6. Riechende Substanzen (faulende organische Materien) erkennt man am besten, wenn man eine Flasche zu zwei Drittel mit dem Wasser füllt, die Flasche mit der Hand verschliesst, schüttelt und dann den Geruch prüft. — Ergäbe sich hierbei ein Geruch nach Schwefelwasserstoff, so ist nach §. 212. 3 zu verfahren. Ob neben solchem auch noch riechende organische Materien vorhanden sind, lässt sich erkennen, wenn man vor Anstellung der Geruchsprobe dem Wasser ein wenig schwefelsaures Kupferoxyd zusetzt.

7. Wünscht man die in einem Wasser (z. B. trübem Bach- oder Flusswasser) suspendirten Stoffe genauer kennen zu lernen, so füllt man mit demselben eine grosse Glasflasche an, verschliesst dieselbe gut und lässt sie mehrere Tage ruhig stehen, bis sich das Wasser geklärt hat; man zieht alsdann die klare Flüssigkeit mittelst eines Hebers ab, filtrirt den Rest und untersucht den auf dem Filter bleibenden Niederschlag. Da derselbe aus dem feinsten Staub verschiedener Mineralien bestehen kann, so behandelt man ihn zunächst mit verdünnter Salzsäure; den darin unlöslichen Theil aber untersucht man nach dem für Silicate angegebenen Gange (§. 205).

8. Um auch einen etwaigen Gehalt an Bleioxyd nicht zu übersehen, welcher in Folge von bleiernen Leitungsröhren zuweilen vorkommt, behandle man eine grössere Menge des Wassers mit Schwefelwasserstoff, lasse es längere Zeit stehen und untersuche schliesslich einen etwa entstandenen schwarzen Niederschlag nach §. 193. — Handelt es sich um Nachweisung äusserst geringer Spuren von Blei, so säuert man 6 bis 8 Liter des Wassers mit Essigsäure an, setzt, um einer Fällung des Bleies als schwefelsaures Bleioxyd vorzubeugen, etwas

*) Schönbein fand solche in allem Regen- und Schneewasser.

essigsaures Ammon zu, verdampft auf einen kleinen Rest, filtrirt, leitet in das Filtrat Schwefelwasserstoff und untersucht einen etwa entstehenden schwarzen Niederschlag nach §. 193.

B. Untersuchung der Mineralwasser.

§. 211.

Bei Untersuchung der Mineralwasser erweitert sich der Kreis der 244
Bestandtheile, auf die man Rücksicht zu nehmen hat, schon mehr, namentlich sind es folgende, auf welche man die Prüfung in der Regel weiter ausdehnen muss:

Cäsiumoxyd, Rubidiumoxyd, Thalliumoxydul, Lithion, Baryt, Strontian, Thonerde, Manganoxydul, Borsäure, Brom, Jod, Fluor, Schwefelwasserstoff (unterschweflige Säure*), Quellsäure und Quellsatzsäure (Ameisensäure, Propionsäure etc., Stickgas, Sauerstoffgas, leichtes Kohlenwasserstoffgas*).

Ausserdem hat man noch den aus den Quellen abgesetzten schlammigen Ocker oder festen Sinter, oder auch den Abdampfungsrückstand sehr grosser Wassermengen, auf arsenige Säure, Arsensäure, Antimonoxyd, Kupferoxyd, Bleioxyd, Kobalt- und Nickeloxydul und andere Oxyde schwerer Metalle zu untersuchen, wobei man aber nicht vorsichtig genug prüfen kann, ob die Oxyde solcher schweren Metalle auch wirklich aus dem Wasser stammen und nicht etwa von metallenen Röhren, Hähnen etc. herrühren**). Auch in Betreff der Prüfung der Reagentien, welche zu so feinen Untersuchungen dienen sollen, muss ich die allergrösste Vorsicht empfehlen.

---

*) In Betreff der eingeklammerten Bestandtheile verweise ich, da Nachweisung und quantitative Bestimmung meist mit einander verbunden werden, auf den betreffenden Abschnitt in meiner Anleitung zur quantitativen Analyse 5. Aufl. §. 206 und folgende. —

**) Vergl. in dieser Hinsicht, wie überhaupt in Bezug auf die ganze Analyse der Mineralwasser, meine: „Chemische Untersuchung der wichtigsten Nassauischen Mineralwasser, I. der Kochbrunnen zu Wiesbaden, II. die Mineralquellen zu Ems, III. die Quellen zu Schlangenbad, IV. die Quellen zu Langenschwalbach, V. die Schwefelquelle zu Weilbach, VI. die Mineralquelle zu Geilnau, VII. die neue Natronquelle zu Weilbach, VIII. die Mineralquelle zu Niederselters, IX. die Mineralquelle zu Fachingen; Wiesbaden, bei Kreidel 1850 bis 1868.“ Ferner meine „Untersuchung der Mineralquellen zu Wildungen,“ Arolsen bei Mittler, 1860, — meine „Analyse des Kaiser- und des Ludwigsbrunnens, wie der Elisabethenquelle zu Homburg v. d. H., Wiesbaden bei C. W. Kreidel, 1863 und 1864,“ meine „Analyse der Trinkquelle, der Badequelle und der Helenenquelle zu Pyrmont, Arolsen bei Speyer, 1865,“ — meine „Analyse der Driburger und Herster Quelle,“ Wiesbaden bei Kreidel 1866, — meine „Analyse der Augustaquelle (Felsenquelle Nr. II) und der Victoriaquelle zu Bad Ems, Wiesbaden bei C. W. Kreidel, 1866 und 1869,“ — meine „Analyse des Lamscheider Mineralbrunnens, sowie die des Tönnissteiner Heilbrunnens und des Tönnissteiner Stahlbrunnens. ebendaselbst 1869.“

1. Untersuchung des Wassers.

a. Arbeiten an der Quelle.

§. 212.

1. Man filtrirt das Wasser, sofern es sich nicht völlig klar erweist, an 24
der Quelle durch ausgewaschenes Filtrirpapier (S. 11) in grosse, mit Glasstöpseln verschliessbare Flaschen. Der auf dem Filter bleibende Niederschlag, welcher ausser den im Wasser suspendirten Flöckchen möglichenfalls auch schon Bestandtheile enthält, welche sich bei der ersten Berührung mit Luft ausscheiden (Eisenoxydhydrat und Verbindungen des Eisenoxyds mit Phosphorsäure, Kieselsäure, Arsensäure), wird auf diese Stoffe so untersucht, wie dies unten §. 214 angegeben ist.

2. Auf freie Kohlensäure braucht man in der Regel kaum zu prü- 24
fen, weil sich ihre Anwesenheit schon aus dem Augenschein ergibt. Wünscht man jedoch wirkliche Reactionen, so prüft man das Wasser erstens mit frisch bereiteter Lackmustinctur, zweitens mit Kalkwasser; erstere nimmt dadurch eine weinrothe Färbung an, letzteres erzeugt eine Trübung, welche bei Zusatz von überschüssigem Mineralwasser wieder verschwinden muss.

3. Auf freien Schwefelwasserstoff prüft man am empfindlichsten 24
mittelst des Geruches. Man füllt zu dem Ende eine Flasche halb voll Mineralwasser, verschliesst mit der Hand, schüttelt und riecht alsdann an der Flasche. — Man findet so öfters deutliche Spuren von Schwefelwasserstoff, welche sich durch Reagentien nicht nachweisen lassen. — Wünscht man sichtbare Reactionen, so tröpfelt man in eine grosse, weisse, mit dem Mineralwasser gefüllte Flasche eine Auflösung von Bleioxyd in Natronlauge, stellt die Flasche auf eine weisse Unterlage und beobachtet, indem man von oben hindurchsieht, ob das Wasser eine bräunliche Färbung annimmt oder einen schwärzlichen Niederschlag gibt; oder man verschliesst eine grosse, mit dem Wasser halb gefüllte Flasche mit einem Korke, in dessen Mitte man ein mit Bleizuckerlösung getränktes und dann mit ein wenig kohlensaurer Ammonlösung befeuchtetes Papierstreifchen befestigt hat, und beobachtet, ob sich dasselbe im Laufe mehrerer Stunden bräunt. Die Flasche schüttelt man von Zeit zu Zeit ein wenig. — Würde man zwar durch Zusatz der Bleioxydlösung zum Wasser eine Bräunung oder einen Niederschlag, durch das zuletzt angegebene Mittel aber keine Reaction erhalten, so wäre dies ein Zeichen, dass das Wasser ein alkalisches Schwefelmetall, aber keinen freien Schwefelwasserstoff enthielte.

4. Man versetzt ein Weinglas voll Mineralwasser mit etwas Gerbsäure, 248
ein anderes mit etwas Gallussäure. Entsteht durch erstere eine rothviolette, durch letztere eine blauviolette Färbung, so ist Eisenoxydul zugegen. Statt der einzelnen Säuren lässt sich auch Galläpfelinfusion, welche beide enthält, anwenden. Die Färbungen treten erst nach einiger Zeit ein und nehmen von oben — wo die Luft einwirkt — nach unten zu.

5. Auf salpetrige Säure und riechende organische Substanzen 249
prüft man nach (241) und (242). Enthält das Wasser Schwefelwasserstoff, so entfernt man denselben vor der Prüfung auf salpetrige Säure durch sehr vorsichtigen Zusatz von etwas schwefelsaurem Silberoxyd (unter keinen Umständen darf Silbersalz in Lösung bleiben).

b. Arbeiten im Laboratorium.

§. 213.

Da man bei der qualitativen Untersuchung gern auch schon einigen Aufschluss über die Verbindungsverhältnisse erhält, in denen die einzelnen Bestandtheile in dem Wasser enthalten sind, so verwendet man am besten eine kleinere Portion, um die Hauptbestandtheile aufzusuchen und, so weit thunlich, ihre Verbindungsverhältnisse und somit den Charakter des Wassers festzustellen, während man alsdann in einer weit grösseren Portion die in geringerer Menge und endlich in einer ganz grossen Quantität, beziehungsweise im Sinter, die in äusserst kleiner Menge vorhandenen Bestandtheile sucht. — Man verfährt demgemäss also:

1. Ermittelung der in grösserer Menge vorhandenen Bestandtheile.

a. Man kocht etwa 3 Pfund des klaren, beziehungsweise an der Quelle 250
filtrirten, Wassers in einer Schale von echtem Porzellan (weniger gut in einem Glaskolben) eine Stunde lang, sorgt aber, indem man von Zeit zu Zeit etwas destillirtes Wasser zugiesst, so dass sich die Menge des vorhandenen Wassers nicht vermindert, dafür, dass sich durch das Kochen bloss die Salze ausscheiden, welche der Vermittelung der Kohlensäure ihre Lösung verdanken. Man filtrirt alsdann und prüft Niederschlag und Lösung nach §. 210.

b. Man prüft auf Ammon, Kieselsäure, organische Materien etc ebenfalls nach den §. 210 angegebenen Methoden.

2. Ermittelung der in geringerer Menge vorhandenen fixen Bestandtheile.

Man verdampft eine grosse Portion des Wassers, mindestens 20 Pfund, 2
in einer Silber- oder Porzellanschale an einem möglichst staubfreien Orte, unter Beobachtung grösster Reinlichkeit zur Trockne. Enthält das Wasser kein kohlensaures Alkali, so setzt man reines kohlensaures Kali bis zum geringen Vorwalten zu. Das Abdampfen kann anfangs über der freien Gaslampe geschehen, zuletzt wendet man ein Sandbad an. Die trockne Masse erhitzt man zum ganz schwachen Glühen. Befindet sie sich in einer Silberschale, so kann das gelinde Glühen in dieser ausgeführt werden; befindet sie sich dagegen in einer Porzellanschale, so bringt man deren Inhalt in eine Platin- oder Silberschale und glüht ihn dann gelinde. — Schwärzt sich die Masse beim Glühen, so ist dies ein Zeichen, dass im Wasser organische Materien vorhanden waren*).

Den so erhaltenen Rückstand mengt man gleichmässig und theilt ihn in drei Theile *a*, *b* und *c*. — *c* betrage etwa die Hälfte, *a* und *b* je ein Viertel.

a. Prüfung auf Phosphorsäure.

Man erwärmt die Portion *a* mit etwas Wasser, fügt reine Salpeter- 2
säure in genügendem Ueberschusse hinzu, verdampft im Wasserbade zur Trockne, erwärmt den Rückstand wieder mit Salpetersäure, verdünnt etwas, filtrirt durch ein mit Salzsäure und Wasser ausgewaschenes Filter und prüft mit salpetersaurer Lösung von molybdänsaurem Ammon auf Phosphorsäure (§. 142. 10).

b. Prüfung auf Fluor.

Man erhitzt die Portion *b* mit Wasser, fügt Chlorcalcium zu, so 2
lange dadurch noch ein Niederschlag entsteht, lässt absitzen und filtrirt den grösstentheils aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia bestehenden Niederschlag ab. Nach dem Auswaschen und Trocknen glüht man denselben, übergiesst ihn in einer kleinen Schale mit Wasser, setzt Essigsäure im geringen Ueberschuss zu, verdampft im Wasserbade zur Trockne, erhitzt darin, bis aller Geruch nach Essigsäure verschwunden, setzt Wasser zu, erhitzt, filtrirt die Lösung der essigsauren alkalischen

*) Dieser Schluss ist aber nur dann richtig, wenn das Wasser beim Abdampfen vor Staub wirklich geschützt wurde; gelang dies nicht völlig, und will man doch die Gegenwart organischer Stoffe mit Gewissheit feststellen, so ist es nöthig, zu dem Behufe eine besondere Portion in einer Retorte einzudampfen. Hat man organische Materien gefunden und will man feststellen, ob dieselben Quellsäure oder Quellsatzsäure sind, so behandelt man einen Theil des Abdampfungsrückstandes nach der §. 214. 3 angegebenen Methode.

Erden ab, wäscht aus, trocknet oder glüht den Rückstand und prüft ihn auf Fluor nach §. 146. 5.

c. Prüfung auf die übrigen in geringer Menge vorhandenen fixen Bestandtheile.

Man kocht die Portion *c* wiederholt mit Wasser, filtrirt und wäscht 254
den gebliebenen unlöslichen Theil mit siedendem Wasser aus. Man erhält einen Rückstand *α* und eine Lösung *β*.

α. Der Rückstand besteht grösstentheils aus kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia, Kieselsäure und, — bei Eisenquellen — Eisenoxydhydrat. Er kann aber auch kleine Mengen von Baryt, Strontian, Thonerde, Manganoxydul und Titansäure enthalten, und ist daher auf diese zu prüfen.

Man übergiesst ihn in einer Platin- oder Porzellanschale mit Wasser, fügt Salzsäure zu, bis zum geringen Vorwalten, dann 4 bis 5 Tropfen verdünnte Schwefelsäure, verdampft im Wasserbade zur Trockne, befeuchtet mit nur in geringem Ueberschuss zuzusetzender Salzsäure, fügt später Wasser hinzu, erwärmt gelinde, filtrirt ab und wäscht aus.

aa. Untersuchung des in Salzsäure unlöslichen Rück- 255
standes. Derselbe wird grossentheils aus Kieselsäure bestehen; er kann aber auch schwefelsaure alkalische Erden, Titansäure und Kohle enthalten. — Man erhitzt ihn in einer Platinschale wiederholt mit Flusssäure oder Fluorammonium unter Zusatz von etwas Schwefelsäure, bis alle Kieselsäure verjagt ist. Zuletzt verdampft man zur Trockne, schmelzt einen etwa gebliebenen Rückstand mit etwas saurem schwefelsaurem Kali, behandelt die Schmelze mit kaltem Wasser, filtrirt und prüft die Lösung durch andauerndes Kochen auf Titansäure. Blieb beim Behandeln der Schmelze mit Wasser ein unlöslicher Rückstand, so wäscht man denselben aus und äschert das Filterchen ein. Steht ein Spectralapparat zu Gebote, so befestigt man die Asche am Oehr des Platindrahtes, setzt einige Zeit der Reductionsflamme aus, befeuchtet mit Salzsäure und prüft spectralanalytisch auf Baryt. Strontian wird sich hier nicht oder nur in kleinen Spuren finden. Steht ein Spectralapparat nicht zu Gebote, so bewahrt man das Product der Einäscherung einstweilen auf.

bb. Untersuchung der salzsauren Lösung. Man versetzt 256
dieselbe in einem Kolben mit etwas reinem Salmiak, fügt dann Ammon hinzu, bis die Flüssigkeit eben alkalisch ist, sodann von freiem Ammon freies Schwefelammonium. Man verstopft den bis in den Hals gefüllten Kolben und lässt ihn in ganz

gelinder Wärme 24 Stunden stehen. Ist ein Niederschlag entstanden, so filtrirt man denselben ab, löst ihn in Salzsäure, kocht, fügt Kalilauge (§. 34. c.) im Ueberschuss zu, kocht, filtrirt und prüft das Filtrat durch Ansäuern mit Salzsäure und Erhitzen mit Ammon auf Thonerde*), den Rückstand zum Theil mit kohlensaurem Natron vor dem Löthrohr auf Mangan, zum Theil durch Auflösen in Salzsäure und Prüfen der Lösung mit Rhodankalium oder Ferrocyankalium auf Eisen.

In der von dem Schwefelammoniumniederschlag abfiltrirten Flüssigkeit können noch Spuren von Baryt enthalten sein; ausserdem findet sich in derselben aller oder doch fast aller Strontian. Man fällt dieselbe mit kohlensaurem Ammon unter Zusatz von Ammon, filtrirt nach längerem Stehen ab, wäscht den Niederschlag aus, trocknet und unterwirft ihn dem Seite 120 beschriebenen Engelbach'schen Verfahren. Die durch Auskochen des geglühten Niederschlages erhaltene Flüssigkeit verdampft man, wenn ein Spectralapparat zu Gebote steht, mit Salzsäure zur Trockne und prüft den Rückstand spectralanalytisch auf Strontian und etwa hier anwesende Barytspuren. — Steht ein Spectralapparat nicht zu Gebote, so verdampft man die durch Auskochen des geglühten Niederschlages mit Wasser erhaltene Flüssigkeit unter Zusatz von etwas schwefelsaurem Ammon fast zur Trockne, kocht den Rückstand mit einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Ammon, filtrirt, wäscht aus, trocknet, äschert ein, vereinigt den Rückstand mit dem in (255) aufbewahrten Einäscherungsrückstande, schmelzt mit etwas kohlensaurem Natron, behandelt mit Wasser, wäscht aus, löst den Rückstand in Salzsäure und prüft die Lösung auf Baryt und Strontian nach §. 99.

β. Die alkalische Lösung enthält die Alkalisalze, gewöhnlich 2.
auch noch Magnesia und Spuren von Kalk. Sie soll nunmehr auf Salpetersäure**), Borsäure, Jod, Brom und Lithion geprüft werden. — Man verdampft dieselbe, bis sie sehr concentrirt geworden, lässt erkalten, stellt die Schale schief, so dass der kleine Rest noch vorhandener Lauge sich von der Salzmasse trennt, bringt mittelst eines Glasstabes einige Tropfen der concentrirten Lösung auf ein Uhrglas, säuert dieselbe mit Salzsäure

*) Die Auffindung der Thonerde gibt nur dann das Recht, solche als im Wasser vorhanden zu betrachten, wenn das Eindampfen des Wassers etc. in einer Platin- oder Silber-, nicht aber in einer Porzellanschale ausgeführt wurde. — **) Die Salpetersäure kann beim gelinden Glühen des Rückstandes (251), wenn dieser organische Materien enthält, zerstört worden sein. Ist dies zu fürchten und die Salpetersäure in (250) noch nicht gefunden, so behandelt man zu ihrer Nachweisung eine grössere Portion ungeglühten Rückstandes nach (258).

eben an und prüft mit Curcumapapier auf Borsäure. Den gesammten Inhalt der Schale verdampft man nun unter Umrühren zur staubigen Trockne und theilt das Pulver in zwei Theile aa. und bb. — aa. betrage zwei Drittel, bb. ein Drittel.

aa. Die grössere Portion prüft man auf Salpetersäure, Jod und Brom. 258

Man zerreibt zu dem Ende dieselbe, kocht das Pulver in einem im Wasserbade zu erhitzenden Kolben mit reinem Weingeist von 90 Proc. drei Mal aus und filtrirt jedesmal heiss ab. — Den alkoholischen Auszug versetzt man mit einigen Tropfen Kalilauge, destillirt den Weingeist bis auf einen kleinen Rest ab und lässt erkalten. Scheiden sich Kryställchen aus, so können dieselben salpetersaures Kali sein; man giesst die Flüssigkeit von denselben ab, wäscht die Krystalle mit etwas Weingeist, löst sie in sehr wenig Wasser und prüft die Lösung auf Salpetersäure, mittelst Indigos, Brucins oder mit Jodkaliumstärkekleister und Zink (§. 159). Die weingeistige Lösung verdampft man jetzt völlig zur Trockne. Hat man zuvor Salpetersäure noch nicht gefunden, so löst man einen kleinen Theil des Rückstandes in ganz wenig Wasser und verwendet diese Lösung zur Prüfung darauf. — Den grösseren Theil des Rückstandes, beziehungsweise die ganze Menge desselben, behandelt man drei Mal mit warmem Alkohol, filtrirt, verdampft das Filtrat unter Zusatz von einem Tropfen Kalilauge zur Trockne, löst den Rückstand in ganz wenig Wasser, säuert mit Schwefelsäure schwach an, setzt etwas reinen Schwefelkohlenstoff und endlich zur Entdeckung des Jods etwas gelöstes salpetrigsaures Kali oder ein Tröpfchen einer Auflösung von Untersalpetersäure in Schwefelsäure zu. — Nachdem man geschüttelt und genau beobachtet hat, ob der Schwefelkohlenstoff eine violette oder röthliche Färbung zeigt, woraus die Anwesenheit von Jod zu erkennen, prüft man durch vorsichtigen Zusatz von Chlorwasser zu derselben Flüssigkeit auf Brom nach dem im §. 157 angegebenen Verfahren.

bb. Die kleinere Portion prüft man auf Lithion. 259

Man erwärmt zu diesem Behufe den Rückstand, welcher etwa vorhandenes Lithion als kohlensaures oder phosphorsaures Lithion enthalten muss, mit Wasser, fügt Salzsäure zu bis zur deutlich sauren Reaction, verdampft fast zur Trockne und mischt mit reinem Weingeist von 90 Proc.; hierdurch scheidet man den grössten Theil des Kochsalzes ab, während alles Lithion in die alkoholische Lösung übergeht. Man verdampft den Alkohol und prüft den Rückstand, falls ein Spec-

tralapparat zu Gebote steht, mittelst dieses auf Lithion (§. 93. 3).

Steht dagegen ein solcher nicht zur Verfügung, so nimmt man den Rückstand in Wasser und einigen Tropfen Salzsäure auf, fügt ein wenig Eisenchlorid, dann Ammon in geringem Ueberschuss und ein wenig oxalsaures Ammon zu, lässt längere Zeit stehen, filtrirt die nun von Phosphorsäure und der letzten Spur Kalk befreite Flüssigkeit ab, verdampft sie zur Trockne, glüht gelinde, bis die Ammonsalze entwichen sind, behandelt den Rückstand mit etwas Chlorwasser (zur Entfernung des Jods und Broms) und einigen Tropfen Salzsäure, verdampft zur Trockne, setzt etwas Wasser und (zur Abscheidung der Magnesia) fein zertheiltes Quecksilberoxyd zu, verdampft zur Trockne, glüht gelinde, bis eben alles Quecksilberoxyd entwichen ist, behandelt den Rückstand nach Zusatz eines Tropfens Salzsäure mit einer Mischung von absolutem Alkohol und wasserfreiem Aether, filtrirt die Lösung ab, concentrirt sie durch Abdampfen und entzündet endlich den Weingeist. Brennt er mit carminrother Flamme, so ist Lithion zugegen. Zur bestätigenden Prüfung führt man es in phosphorsaures Lithion über (§. 93. 3).

3. Ermittelung der in äusserst kleiner Menge vorhandenen Bestandtheile.

Man verdampft 2 bis 3 Centner Wasser in einem grossen, vollkommen reinen eisernen Kessel, bis sich die in Wasser löslichen Salze auszuscheiden beginnen. Enthält das Mineralwasser kein kohlensaures Natron, so fügt man zuvor welches zu und zwar in solcher Menge, dass die Reaction deutlich alkalisch wird. Man filtrirt nach dem Eindampfen die Lösung ab, wäscht den Niederschlag aus, ohne die Waschwasser mit dem ersten Filtrate zu vereinigen, und verfährt also:

a. Den Niederschlag untersucht man nach dem für Sinterabsätze anzugebenden Verfahren, §. 214.

b. Die Lösung versetzt man mit Salzsäure bis sauer, erhitzt, fällt vorhandene Schwefelsäure eben mit Chlorbaryum aus, filtrirt, verdampft das Filtrat zur Trockne, digerirt den Rückstand mit Alkohol von 90 Proc. und verfährt mit der Lösung zur Prüfung auf Cäsium und Rubidium nach §. 93, letzter Absatz. Den in Weingeist unlöslichen Rückstand löst man mit Wasser und versetzt die concentrirte heisse Lösung mit Ammon bis zum Vorwalten. Entsteht dadurch ein Niederschlag, so filtrirt man ab, die klar gebliebene oder filtrirte, heisse, freies Ammon enthaltende Lösung versetzt man mit Jodkalium. Entsteht sogleich oder nach längerem

Stehen ein Niederschlag, so filtrirt man denselben ab und prüft ihn speetralanalytisch auf Thallium.

2. Untersuchung der Sinterabsätze.

§. 214.

1. Man digerirt eine grosse Portion (etwa 200 Grm.) des von Unreinig- 261
keiten dureh Auslesen, Absieben, Schlämmen ete. und von anhängenden löslichen Salzen dureh Auswaschen befreiten Oekers oder Sinters mit Wasser und Salzsäure (Aufbrausen: Kohlensäure), bei ganz mässiger Wärme, bis sieh alles Lösliche gelöst hat, verdünnt, lässt erkalten, filtrirt ab und wäscht den Rüekstand aus.

a. Untersuchung des Filtrats.

α. Man erhitzt den grössten Theil des Filtrates auf 70° C., leitet 262
in die Flüssigkeit andauernd und auch noch während des Erkaltens Sehwefelwasserstoff. Man lässt alsdann an einem mässig warmen Orte so lange stehen, bis der Geruch naeh Sehwefelwasserstoff nur noeh sehwach ist und filtrirt ab.

Nach dem Auswasehen und Troeknen entfernt man den grösst- 263
ten Theil des freien Schwefels durch Digestion und Auswasehen mit Sehwefelkohlenstoff, dann erwärmt man den Niederschlag gelinde mit etwas gelblichem Schwefelkalium, verdünnt, filtrirt, wäscht mit Sehwefelkalium enthaltendem Wasser aus und fällt Filtrat und Wasehwasser mit Salzsäure. Den entstandenen, nach dem Absitzen abfiltrirten, ausgewasehenen und getroekneten Niedersehlag extrahirt man wieder mit Sehwefelkohlenstoff, übergiesst — falls ein Rüekstand blieb — diesen sammt dem Filterehen in einer kleinen Porzellansehale mit reiner rother rauchender Salpetersäure, erwärmt, bis deren grösster Theil verdampft ist, fügt kohlensaures Natron zu bis zum Vorwalten, dann noch etwas salpetersaures Natron, erhitzt zum Schmelzen, behandelt die Schmelze mit kaltem Wasser, filtrirt, wäseht mit einer Mischung von Weingeist und Wasser aus und prüft die wässerige Lösung auf Arsensäure (121) und (122), den Rückstand aber auf Antimon und Zinn, und zwar indem man ihn in verdünnter Salzsäure löst und die Lösung in einem Platinschälchen mit bleifreiem Zinke prüft (123).

Blieb beim Behandeln des Schwefelwasserstoffniedersehlages 264
mit Sehwefelkalium ein Rüekstand, so spritzt man denselben naeh dem Auswaschen vom Filter ab und koeht ihn mit einer kleinen Menge verdünnter Salpetersäure, filtrirt ab, wäseht aus und übergiesst den Inhalt des Filters zunäehst — um einen möglichenfalls hier anwesenden Gehalt an schwefelsaurem Blei-

oxyd nicht zu übersehen — mit Schwefelwasserstoff, dann prüft man ihn auf Baryt und Strontian wie in (255). Die salpetersaure Lösung versetzt man mit etwas reiner Schwefelsäure, verdampft im Wasserbade zur Trockne und behandelt mit Wasser, bleibt ein Rückstand, so ist derselbe schwefelsaures Bleioxyd. Zur Sicherstellung prüft man, ob derselbe, abfiltrirt und ausgewaschen, durch Schwefelwasserstoffwasser schwarz wird. — Die von etwaigem schwefelsaurem Bleioxyd abfiltrirte Flüssigkeit prüft man a. mit Ammon, b. mit Ferrocyankalium auf Kupfer.

Von der von dem Schwefelwasserstoffniederschlage abfiltrirten Flüssigkeit nimmt man zunächst eine Probe, verdampft sie unter Zusatz von überschüssiger Salpetersäure im Wasserbade zur Trockne, behandelt den Rückstand mit Salpetersäure und Wasser, filtrirt und prüft die Lösung mit Molybdänsäurelösung auf Phosphorsäure; den Rest der von dem Schwefelwasserstoffniederschlage abfiltrirten Flüssigkeit versetzt man in einem Kolben mit Salmiak, dann mit Ammon bis die Flüssigkeit eben alkalisch, endlich mit von freiem Ammon freiem Schwefelammonium, verschliesst den bis zum Halse gefüllten Kolben, lässt ihn an einem mässig warmen Orte stehen, bis die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit gelb, nicht mehr grünlich, erscheint, filtrirt und wäscht den Niedersehlag mit Wasser aus, dem man etwas Schwefelammonium zugesetzt hat. Man behandelt ihn alsdann mit verdünnter Salzsäure und verfährt zur Prüfung auf Kobalt, Niekel, Eisen, Mangan, Zink, Thonerde und Kieselsäure nach (152) bis (160). Zur Prüfung auf Titansäure fällt man einen Theil dieser salzsauren Lösung mit Ammon und behandelt den Niederschlag nach der in (222) angegebenen Methode. — In der von dem Schwefelammoniumniederschlag abfiltrirten Flüssigkeit fällt man den Kalk nebst Strontian und etwa hier anwesendem Baryt mit kohlensaurem und etwas oxalsaurem Ammon aus und prüft den Niederschlag anf die beiden letzteren nach dem Engelbach'schen Verfahren (Seite 120). Schliesslich prüft man die von dem Kalkniederschlag abfiltrirte Flüssigkeit auf Magnesia.

β. Eine Probe der salzsauren Lösung verdünnt man stark, versetzt mit Chlorbaryum und lässt zwölf Stunden an einem warmen Orte stehen. Weisser Niederschlag: Schwefelsäure.

b. Untersuchung des Rückstandes. Derselbe besteht in der Regel aus Sand, Kieselsäurehydrat, Thon und organischen Materien, kann aber auch, wenn das Wasser schwefelwasserstoffhaltig ist, Schwefel, ferner schwefelsauren Baryt und Strontian enthalten. Man kocht ihn zunächst mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron und Aetznatron, um das Kieselsäurehydrat und etwaigen Schwefel

zu lösen, und behandelt ihn dann auf dem Filter mit etwas verdünnter Salzsäure, um etwa vorhandenen Baryt und Strontian unter Zurücklassung etwaigen Thons und Sandes aufzunehmen. Die salzsaure Lösung prüft man nach (256) auf Baryt und Strontian.

2. Auf Fluor prüft man am besten eine besondere Portion des Ockers 267
oder Sinters. Man mengt denselben, wenn er nicht schon viel kohlensauren Kalk enthält, mit etwa der Hälfte seines Gewichtes reinen Kalkhydrates, glüht (bei welcher Gelegenheit sich auch organische Materien zu erkennen geben), rührt den Rückstand mit Wasser an, setzt Essigsäure zu bis zur sauren Reaction, verdampft, bis alle Essigsäure verjagt ist, und verfährt überhaupt nach (253).

3. Man kocht den Ocker oder Sinter andauernd mit concentrirter Kali- 268
oder Natronlauge und filtrirt ab.

   a. Einen Theil des Filtrats säuert man mit Essigsäure an, fügt Ammon zu, filtrirt den Niederschlag von Thonerde- und Kieselsäurehydrat, der in der Regel entsteht, nach 12 Stunden ab, setzt wieder Essigsäure zu bis sauer, dann eine Lösung von neutralem essigsaurem Kupferoxyd. Entsteht ein bräunlicher Niederschlag, so ist derselbe quellsatzsaures Kupferoxyd. Die von dem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit versetzt man mit kohlensaurem Ammon, bis die grüne Farbe sich in eine blaue verwandelt hat, und erwärmt. Entsteht ein bläulich-grüner Niederschlag, so ist er quellsaures Kupferoxyd.

   b. Im Falle man Arsen gefunden hat, verwendet man den Rest der alkalischen Flüssigkeit, um festzustellen, ob dasselbe im Sinter als arsenige oder als Arsensäure vorhanden ist (vgl. §. 134. 9).

Analyse der Acker- oder Walderde.

§. 215.

Wenn auf einem Boden eine Pflanze wächst, so muss der Boden auch alle diejenigen Stoffe enthalten, welche sich in der Pflanze finden, mit Ausnahme von denen, welche ihr durch Luft und Regen zugeführt worden sein können. Es gestattet uns somit die Beobachtung, dass auf einem Boden, z. B. in einem nackten Felsen, eine Pflanze wächst, deren Bestandtheile wir kennen, einen Schluss auf viele Bestandtheile des Bodens, sie erspart uns in mancher Beziehung eine qualitative Analyse.

Stellt man sich auf diesen Standpunkt, so kann es ganz überflüssig erscheinen, die qualitative Analyse eines Bodens vorzunehmen, auf welchem Pflanzen noch wachsen können, denn die Aschen der Pflanzen enthalten bekanntlich fast immer dieselben Bestandtheile; ihre Verschiedenheit wird hauptsächlich durch die abweichenden Mengenverhältnisse der

einzelnen bedingt. — Nimmt man aber bei der qualitativen Analyse — soweit es durch Schätzung möglich ist — auch Rücksicht auf die Menge der einzelnen Bestandtheile und ferner auf den Zustand, in dem sie sich befinden, so kann eine solche, wenn sie mit einer mechanischen Trennung der Gemengtheile des Bodens und einer Prüfung der physikalischen Eigenschaften*) desselben verbunden wird, zur Beurtheilung der Bodenbeschaffenheit schon recht brauchbare Resultate liefern, was um so wichtiger ist, als zeitraubende quantitative Analysen für praktische Landwirthe schon ungleich schwieriger ausführbar sind.

Da die Pflanzen nur lösungsfähige Bestandtheile aufzunehmen vermögen, so ist es von besonderer Wichtigkeit, bei der qualitativen Analyse darauf Rücksicht zu nehmen, welche schon durch reines Wasser gelöst werden**), welche zu ihrer Lösung einer Säure (in der Natur hauptsächlich der Kohlensäure) bedürfen, und welche andere endlich weder in Wasser noch in Säuren löslich sind, somit vorläufig der Pflanze Nahrungsstoffe noch nicht liefern können. — In Betreff der letzteren ist es dann weiter interessant, die Frage zu beantworten, ob die Bestandtheile leicht, schwer oder nicht verwitterbar sind und welche Producte sie dabei liefern***).

Um diese Gesichtspunkte möglichst zu berücksichtigen, muss man daher bei der Analyse einer Ackererde die schon in reinem Wasser, die nur in Säuren und die gar nicht löslichen Bestandtheile gesondert unter-

---

*) In Bezug auf die mechanische Scheidung der Gemengtheile eines Bodens, auf die Prüfung der physikalischen Eigenschaften und der chemischen Beschaffenheit vergleiche die „Anleitung zur Untersuchung der Ackererden auf ihre wichtigsten physikalischen Eigenschaften und Bestandtheile von Franz Schulze," Journ. für prakt. Chemie, Bd. 47, S. 241; ferner den betreffenden Abschnitt in meiner Anleitung zur quantitativen Analyse, 5. Aufl. §. 263 und den Entwurf zur Bodenanalyse von E. Wolff (Zeitschr. f. analyt. Chem. 3. 85). — **) Seit es bekannt geworden, dass die Ackererde in ähnlicher Art wie die poröse Kohle die Eigenschaft besitzt, verdünnten Lösungen die gelösten Körper zu entziehen, hat sich die früher allgemein herrschende Vorstellung berichtigt, welche annahm, dass die in Wasser oder kohlensaurem Wasser löslichen Körper, sobald es im Boden an Lösungsmitteln nicht fehle, im Boden frei circulirten. Wir wissen jetzt, dass dem nicht so ist, dass vielmehr die Ackererde an und für sich lösliche Körper mit einer gewissen Kraft bindet, und erschliessen daraus, dass im Wasserauszug einer Erde uns die Körper nicht geradezu entgegentreten, welche der Boden in für die Pflanzen unmittelbar verwendbarem Zustande enthält. — Am wenigsten aber dürfen wir erwarten, diese Stoffe im Wasserauszuge in demselben Verhältnisse zu einander zu finden, in welchem sie im Boden enthalten sind, denn die Erde wird diejenigen, in Betreff welcher ihrer Absorptionsfähigkeit Genüge geleistet ist, leicht abgeben, während sie die mehr oder weniger zurückhält, in Betreff welcher dies nicht der Fall ist. Können wir auch aus diesem Grunde der Untersuchung des Wasserauszugs der Ackererde nicht mehr ganz den Werth beilegen, den man ihr sonst zuerkannte, so ist es doch immerhin nützlich, sich darüber zu unterrichten, welche Stoffe ein Boden an Wasser factisch abgibt. Aus diesem Grunde habe ich die Bereitung und Untersuchung des Wasserauszugs der Erde beibehalten. — ***) Genaueres hierüber in meiner „Chemie für Landwirthe, Forstmänner und Cameralisten", Braunschweig bei Fr. Vieweg und Sohn, 1847. S. 485.

suchen. Die Prüfung auf organische Materien endlich erfordert ein besonderes Verfahren.

Die Untersuchung zerfällt demnach in folgende vier Abtheilungen.

I. Bereitung des Wasserauszugs und Untersuchung desselben.

§. 216.

Man verwendet hierzu etwa 2 Pfd. (1000 Grm.) der lufttrocknen 269
Erde. Die Bereitung eines klaren Wasserauszuges ist nicht ganz leicht, indem man, wenn man nach gewöhnlicher Weise die Erde mit Wasser digerirt oder kocht und dann filtrirt, nur zu bald inne wird, wie sehr der feine Thon diese Arbeit erschwert, da er erstlich die Poren des Filters verstopft und zweitens fast immer, wenigstens im Anfange, das Filtrat trübt. — Am praktischsten erwies sich mir das folgende, zu diesem Behufe von Fr. Schulze (siehe die Anmerkung auf S. 368) vorgeschlagene Verfahren. Man versehliesst die Spitze mehrerer mittelgrossen Trichter mit kleinen Filterchen von grobem Löschpapier, befeuchtet diese, drückt sie an die Wände gut an und bringt dann die lufttrockne, nicht pulverisirte oder auch nur zerdrückte Erde (am besten ist es, wenn der grösste Theil derselben aus erbsen- bis wallnussgrossen Klössen besteht) in die Trichter, so zwar, dass dieselben nur etwa zu $^2/_3$ angefüllt werden. Man giesst nun destillirtes Wasser auf, so dass es über der Erde steht, giesst das erst ablaufende Filtrat, wenn es ein wenig trübe sein sollte, nochmals oben auf und lässt ruhig abtropfen, füllt die Trichter von Neuem mit Wasser und setzt dieses Auslaugen fort, bis die Filtrate dem Gewichte nach zwei bis drei Mal so viel betragen, als die angewandte Erde. Die Filtrate werden vereinigt und gemiseht; von der mit Wasser ersehöpften Erde aber ein Theil aufbewahrt.

Die Wasserlösung theilt man in zwei Theile 1 und 2. — 1 betrage $^2/_3$, — 2 betrage $^1/_3$ derselben.

1. Die $^2/_3$ verdampft man in einer Porzellanschale bis zu starker Concentration und prüft dann folgendermaassen:

   a. Man filtrirt eine Probe ab, prüft die Reaction des Filtrates, hebt 270
   einen Theil zur Prüfung auf organische Materien nach (280) auf, den Rest der abfiltrirten Probe aber erwärmt man und fügt Salpetersäure zu. Gasentwickelung zeigt ein kohlensaures Alkali an. Man prüft alsdann mit salpetersaurem Silberoxyd auf Chlor.

   b. Den Rest der in 1 erhaltenen eoneentrirten Flüssigkeit bringt man 271
   sammt dem Niederschlage, der sieh in der Regel gebildet hat, in eine kleine Porzellan- besser Platinsehale, verdampft zur Trockne und erhitzt den bräunlichen Rückstand vorsichtig über der Lampe bis zur Zerstörung der organischen Materien. Bei Anwesenheit

von salpetersauren Salzen findet hierbei je nach ihrer Menge ein stärkeres oder geringeres Verglimmen statt. — Von dem gelinde geglühten Rückstand prüft man

α. eine kleine Probe mit kohlensaurem Natron in der Oxydationsflamme auf Mangan; —

β. den Rest erwärmt man mit Wasser, setzt etwas Salzsäure zu (Aufbrausen zeigt Kohlensäure), verdampft zur Trockne, um die Kieselsäure abzuscheiden, befeuchtet mit Salzsäure, fügt Wasser zu, erwärmt und filtrirt ab.

aa. Der ausgewaschene Rückstand enthält meist etwas Kohle, ferner ein wenig Thon (wenn der Wasserauszug nicht völlig klar war), endlich Kieselsäure. Um letztere zu erkennen, durchbohrt man die Spitze des Filters, spritzt den Rückstand durch, kocht mit kohlensaurer Natronlösung, filtrirt, sättigt mit Salzsäure, verdampft zur Trockne und nimmt mit Wasser auf, wobei die Kieselsäure zurückbleibt.

bb. Von der salzsauren Lösung prüft man ein Theilchen mit Chlorbaryum auf Schwefelsäure, ein zweites nach vorherigem Eindampfen mit Salpetersäure mit der Auflösung von molybdänsaurem Ammon in Salpetersäure auf Phosphorsäure, ein drittes mit Schwefelcyankalium auf Eisenoxyd, zum Rest setzt man (zur Abscheidung der Phosphorsäure) einige Tropfen Eisenchlorid, dann vorsichtig Ammon, bis die Flüssigkeit schwach alkalisch, erwärmt ein wenig, filtrirt, schlägt aus dem Filtrat mit oxalsaurem Ammon den Kalk nieder und verfährt zur Nachweisung der Magnesia, des Natrons und Kalis genau nach dem gewöhnlichen Gang der Analyse (§. 196 und 197). Ein Theilchen der reinen Chloralkalimetalle prüft man endlich spectralanalytisch auf Lithion.

Thonerde kommt nicht leicht in dem Wasserauszuge vor 2.
(Fr. Schulze fand solche nie darin). Sollte man darauf prüfen wollen, so kocht man den durch Ammon erhaltenen Niederschlag mit reiner Kali- oder Natronlauge in einer Platin- oder Silberschale, filtrirt und prüft das Filtrat durch Ansäuern mit Salzsäure und Erwärmen mit Ammon.

2. Von dem $^1/_3$ des Wasserauszuges prüft man, falls man Eisen gefun- 2.
den hat, eine Probe mit Ferridcyankalium, eine andere mit Schwefelcyankalium, beide nach Zusatz von etwas Salzsäure, um sich über die Oxydationsstufe zu belehren, in der das Eisen vorhanden ist. — Den Rest des Wasserauszuges versetzt man mit ein wenig Schwefelsäure, verdampft im Wasserbade fast zur Trockne und prüft den Rückstand durch Zumischen von Kalkhydrat auf Ammon. Ist der Wasseraus-

zug völlig klar, so kann man auf Ammon auch direct mittelst Quecksilberchlorids etc. prüfen, siehe Seite 106.

2. Bereitung des Säureauszuges und Untersuchung desselben.

§. 217.

Von der durch Wasser möglichst erschöpften Erde (ein vollständiges 274
Auswaschen lässt sich meist gar nicht ausführen) erhitzt man etwa 50 Gramm mit mässig starker Salzsäure (Aufbrausen zeigt Kohlensäure) einige Stunden im Wasserbade und filtrirt. Mit der in der Regel durch Eisenchlorid rothgelb gefärbten Flüssigkeit stellt man folgende Versuche an:

1. Ein Theilchen prüft man mit Schwefelcyankalium auf Eisenoxyd, 275
ein zweites mit Ferridcyankalium auf Eisenoxydul.
2. Eine kleine Probe prüft man mit Chlorbaryum auf Schwefelsäure, eine andere verdampft man zur Trockne, erhitzt den Rückstand bei einer 100° C. nur wenig übersteigenden Temperatur, erwärmt ihn mit Salpetersäure, filtrirt die Kieselsäure ab und prüft mit der Auflösung von molybdänsaurem Ammon in Salpetersäure ohne Erwärmung auf Phosphorsäure.
3. Eine grössere Portion versetzt man mit Ammon bis zur Abstumpfung 276
der freien Säure, dann mit gelblichem Schwefelammonium, lässt in einem bis zum Halse gefüllten Kolben an einem warmen Orte stehen, bis die Flüssigkeit gelb erscheint, filtrirt und prüft das Filtrat auf Kalk, Magnesia, Kali und Natron nach dem gewöhnlichen Gange.
4. Den in 3 erhaltenen Niederschlag löst man in Salzsäure, verdampft 277
die Lösung zur Trockne, befeuchtet mit Salzsäure, setzt Wasser zu, erwärmt, filtrirt ab und prüft die Lösung nach (150) auf Eisen, Mangan, Thonerde und nöthigenfalls auch auf Kalk und Magnesia, welche in Verbindung mit Phosphorsäure durch Schwefelammonium gefällt worden sein können.
5. Die in 4 erhaltene abgeschiedene Kieselsäure ist gewöhnlich durch organische Materie gefärbt. Man glüht sie daher, um sie rein zu erhalten.
6. Ist es von Interesse, zu untersuchen, ob der salzsaure Auszug Ar- 278
sensäure, Kupferoxyd etc. enthält, so behandelt man den Rest der Lösung mit Schwefelwasserstoff etc., wie es in (262) bis (264) angegeben ist.
7. Auf Fluor prüft man, sofern man es aufsuchen wollte, am besten eine neue Portion geglühter Erde nach (230).

3. Untersuchung der in Wasser und Säuren unlöslichen anorganischen Bestandtheile.

§. 218.

Beim Erwärmen mit Salzsäure (274) bleibt immer noch der grösste 27
Theil der Erde ungelöst. Will man auch diesen einer chemischen Untersuchung unterwerfen, so wäscht man ihn aus, trocknet ihn, trennt durch Sieben die gröberen Steine und Steinchen von dem Thon und Sand, scheidet wohl auch noch die beiden letzteren durch Schlämmen und unterwirft schliesslich die einzelnen Gemengtheile dem Gange der Analyse, welchen wir oben für die Silicate kennen gelernt haben (§. 205).

4. Untersuchung der organischen Bestandtheile des Bodens*).

§. 219.

Die organischen Bestandtheile des Bodens, welche auf seine Fruchtbarkeit sowohl durch ihre physikalische, als durch ihre chemische Wirkung einen so grossen Einfluss üben, sind theils Pflanzentheile mit noch erkennbarer Structur (Strohtheile, Wurzeln, Samen von Unkräutern etc.), theils Pflanzenverwesungsproducte, welche gewöhnlich unter dem Namen Humus zusammengefasst werden. Ihren Bestandtheilen und Eigenschaften nach sind dieselben von mannigfaltiger Art, je nachdem sie aus der Verwesung stickstoffhaltiger oder stickstofffreier Pflanzenstoffe hervorgegangen, — ohne oder unter Mitwirkung von Alkalien oder alkalischen Erden entstanden, — und in ihren Umsetzungsprocess erst eingetreten, oder aber darin schon weiter fortgeschritten sind. — Alle diese Bestandtheile zu sondern, wäre eine äusserst schwierige und noch dazu wenig lohnende Arbeit; man kann sich daher bei der qualitativen Analyse einer Erde in Betreff ihrer organischen Bestandtheile sehr wohl mit folgenden Versuchen begnügen.

a. *Untersuchung der in Wasser löslichen organischen Substanzen.*

Man verdampft die in (270) zu dem vorliegenden Zwecke aufbe- 28
wahrte Probe im Wasserbade zur völligen Trockne und behandelt den Rückstand mit Wasser. Die in Verbindung mit Basen in Lösung gewesene Ulmin-, Humin- und Geïnsäure bleiben ungelöst, während sich Quellsäure und Quellsatzsäure in Verbindung mit Ammon lösen; wie man die letzteren nachweist, ist (268) angegeben.

b. *Behandlung mit kohlensaurem Alkali.*

Von der mit Wasser erschöpften Erde trocknet man eine Portion, 28
trennt durch Absieben die Stroh-, Wurzel- etc. Theilchen sammt den

*) Vergl. in Betreff derselben meine Chemie für Landwirthe etc. §. 282 bis §. 285.

Steinchen von der feineren Erde, digerirt letztere bei 80° bis 90° C. einige Stunden lang mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron und filtrirt. Das Filtrat versetzt man mit Salzsäure bis zur sauren Reaction. Scheiden sich braune Flocken aus, so rühren dieselben von Ulmin-, Humin- oder Geïnsäure her. Je mehr Ulminsäure zugegen ist, um so heller braun, je mehr Humin- oder Geïnsäure vorhanden ist, um so dunkler braun ist der Niederschlag.

c. *Behandlung mit kaustischem Alkali.*

Die in b. mit kohlensaurer Natronlauge ausgezogene und mit Wasser 282
ausgewaschene Erde kocht man mit Kalilauge einige Stunden lang unter Ersetzung des verdampfenden Wassers, verdünnt, filtrirt und wäscht aus. Die braune Flüssigkeit behandelt man wie in b. Die hier ausgeschiedenen Humussäuren (Ulmin- und Huminsäure) sind erst durch das Kochen mit Kalilauge aus Ulmin und Humin entstanden.

V. Auffindung anorganischer Körper bei Gegenwart von organischen.

§. 220.

Wie sehr die Auffindung anorganischer Körper durch die Gegenwart färbender, schleimiger etc. organischer Stoffe erschwert werde, und dass man jene oft erst nach vollständiger Zerstörung der letzteren bewerkstelligen könne, begreift sich leicht, wenn man bedenkt, dass man in dunkelgefärbten Lösungen keine Färbungen oder Niederschläge wahrnehmen, schleimige Flüssigkeiten nicht filtriren kann etc. — Da man nun, sowohl bei Untersuchung von Arzneistoffen, als auch namentlich dann, wenn es sich darum handelt, in Speisen oder in einem Mageninhalte anorganische Gifte nachzuweisen, wie endlich bei Prüfung von Pflanzen, Thieren oder einzelnen Theilen derselben auf ihre anorganischen Bestandtheile, sehr oft in den Fall kommt, diese Schwierigkeiten überwinden zu müssen, so will ich im Folgenden die Wege bezeichnen, die sowohl im Allgemeinen, als auch in speciellen Fällen zum Ziele führen.

1. Allgemeine Regeln zur Auffindung anorganischer Körper bei Gegenwart von organischen Substanzen, die durch Farbe, Consistenz oder sonstige Eigenschaften die Anwendung der Reagentien oder das Erkennen der hervorgebrachten Erscheinungen hindern.

§. 221.

Es können hier natürlicherweise nur die in den meisten Fällen anwendbaren Methoden angeführt werden, deren durch besondere Verhältnisse bedingte Modification dem Arbeitenden überlassen bleibt.

1. Der Körper löst sich in Wasser, die Lösung hat aber dunkle Farbe oder schleimige Consistenz. 28

   a. Man erhitzt einen Theil der Lösung im Wasserbade mit Salzsäure und fügt nach und nach chlorsaures Kali zu, bis die Flüssigkeit dünnflüssig und entfärbt ist, alsdann erhitzt man, bis der Chlorgeruch verschwunden, verdünnt mit Wasser und filtrirt. Mit diesem Filtrat verfährt man nach dem gewöhnlichen Gange und beginnt bei §. 190. Vergl. auch §. 225. Selbstverständlich lassen sich bei diesem Verfahren nur die vorhandenen Metalle, nicht aber die Oxydationsstufen erkennen, in welchen sie zugegen, da ja bei der Behandlung mit Salzsäure und chlorsaurem Kali Quecksilberoxydul, Zinnoxydul, Eisenoxydul etc. in Quecksilber-, Zinn- und Eisenchlorid übergeführt werden.

   b. Man kocht einen anderen Theil eine Zeit lang mit Salpetersäure und prüft das Filtrat auf Silber und auf Kali. Gelingt die Zerstörung der färbenden, schleimigen etc. Substanzen mit Salpetersäure gut, so ist diese Art der Behandlung überhaupt oft vorzuziehen.

   c. Thonerde und Chromoxyd würde man (weil sie aus Flüssigkeiten, die nichtflüchtige organische Substanzen enthalten, durch Ammon und Schwefelammonium nicht sicher und vollständig gefällt werden) bei diesem Verfahren übersehen können. Hat man Ursache, auf sie Rücksicht zu nehmen, so muss man eine dritte Probe der Substanz mit kohlensaurem Natron und chlorsaurem Kali mischen und das Gemenge portionsweise in einen glühenden Tiegel eintragen. Nach dem Erkalten behandelt man die Schmelze mit Wasser und prüft die Lösung auf Chromsäure und Thonerde, den Rückstand auf Thonerde (§. 103).

   d. Einen besonderen Theil prüft man mit Kalkhydrat auf Ammon.

   e. Einen weiteren unterwirft man der Dialyse (§. 8) und prüft das Dialysat auf Säuren.

2. Der Körper löst sich nicht oder nur theilweise in kochendem Wasser, die Lösung lässt sich abfiltriren. Man filtrirt und verfährt mit der Lösung entweder nach §. 189, oder, wenn sie entfärbt werden muss, nach (283). — Der Rückstand kann von verschiedener Natur sein. 2

   a. Er ist fettig. Man entfernt das Fett durch Aether und verfährt mit etwaigem Rückstand nach §. 175.

   b. Er ist harzartig. Man wendet statt des Aethers Alkohol oder auch beide nach einander an.

   c. Er ist von anderer Natur, z. B. Holzfaser etc.

      α. Man trocknet und glüht einen Theil in einem Porzellan- oder Platingefäss bis zur gänzlichen oder theilweisen Einäscherung, unter Vermeidung allzu hoher Temperatur, erwärmt den Rück-

stand mit Salzsäure und etwas Salpetersäure, verdünnt mit Wasser und prüft die Lösung nach (109); einen etwaigen Rückstand aber nach §. 203.

β. Man behandelt eine zweite Portion zur Prüfung auf schwere Metalle und auf Säuren genau nach den (283) angegebenen Methoden. — (Durch das in α. eingeschlagene Verfahren verflüchtigen sich nämlich nicht allein etwa vorhandene Quecksilberverbindungen, sondern es kann sich auch Arsen, Cadmium, Zink etc. verflüchtigen.)

γ. Den Rest prüft man durch Zusammenreiben mit Kalkhydrat auf Ammon.

3. Der Körper gestattet seiner Beschaffenheit nach kein 285
Filtriren, überhaupt keine Trennung des Gelösten von dem Ungelösten.

Man schlägt in dem Falle dasselbe Verfahren ein, welches in (284) für den in Wasser unlöslichen Rückstand vorgeschrieben ist.

In Betreff der nach (284) c. α. auszuführenden Verkohlung ist es häufig zweckmässig, die bei schwacher Hitze verkohlte Masse mit Wasser auszukochen, die Lösung für sich zu prüfen, den Rückstand auszuwaschen, weiter einzuäschern und die Asche ebenfalls zu untersuchen.

4. Eine Methode von ganz allgemeiner Anwendbarkeit, um Metalloxyde neben organischen Substanzen nachzuweisen, ist die von E. Millon*) angegebene. — Man bringt die zerkleinerten Stoffe in einer tubulirten Retorte mit reiner concentrirter Schwefelsäure zusammen. Das Gewicht dieser sei etwa das Vierfache vom Gewichte der nicht getrockneten organischen Substanz; die Retorte darf höchstens zu $^1/_3$ gefüllt sein. Man erhitzt langsam bis zum Zerfallen oder bis zur Lösung der Massen und lässt dann mittelst eines Trichterrohres durch den Tubulus der Retorte nach und nach, unter allmählicher Steigerung der Temperatur, Salpetersäure zufliessen. Diese erste Operation hat den Zweck, die vorhandenen Chlorüre zu zersetzen, sie ist in etwa einer halben Stunde beendigt. — Den Inhalt der Retorte erhitzt man jetzt in einer Platinschale, bis die Schwefelsäure, die nach und nach ihre schwärzliche Farbe verliert und orangegelb und roth wird, zu verdampfen anfängt. Man setzt jetzt weiter Salpetersäure in Portionen zu. Nach jedem Zusatz entfärbt sich die Flüssigkeit, bei weiterem Erhitzen wird sie aber wieder dunkler. Man fährt daher mit dem Zusetzen der Salpetersäure fort, bis keine weitere Färbung mehr eintritt, verjagt dann die Schwefelsäure und erhält schliesslich eine rein weisse Salzmasse, die nach gewöhnlicher Art zu analysiren ist. Mässigt man zu Ende der Operation die Hitze, so finden sich nach Millon selbst Arsen und Quecksilber vollständig

*) Journ. de Pharm. et de Chim. T. 43. p. 33. — Zeitschr. f. analyt. Chem. 4. 208.

im Rückstande. Diese letztere Angabe dürfte aber nur richtig sein, wenn die Menge der anwesenden Chlorüre gering ist.

5. Gilt es Salze in organischen Substanzen nachzuweisen, welche zu der Classe der Colloide gehören, so kann man sich häufig mit grossem Vortheile der Dialyse (§. 8) bedienen*). Je nach Umständen wird man die Substanz bald geradezu, bald nach dem Erwärmen mit Salzsäure oder auch wohl mit Salzsäure und chlorsaurem Kali, in den Dialysator bringen (vergl. auch §. 224).

2. Auffindung anorganischer Gifte in Speisen, Leichnamen etc. in gerichtlich-chemischen Fällen**).

§. 222.

Zuweilen wird dem Chemiker die Aufgabe gestellt, eine Speise, den 28
Inhalt eines Magens, eine Leiche etc. auf ein etwa darin enthaltenes Gift zu untersuchen, um den Thatbestand einer unfreiwilligen oder absichtlichen Vergiftung festzustellen, — häufiger aber wird die Frage specieller gestellt und er nur aufgefordert, zu entscheiden, ob in der oder jener Substanz ein Metallgift vorhanden sei, — oder auch ganz speciell, ob sie Arsenik, Blausäure oder ein anderes bestimmt genanntes Gift enthalte; sei es nun, dass die Vergiftungserscheinungen zu einer solchen specielleren Frage berechtigen, sei es, dass der Untersuchungsrichter aus anderen Ursachen in der Lage ist oder zu sein glaubt, dieselbe so stellen zu können.

Offenbar ist die Aufgabe um so leichter zu lösen, je specieller die Frage gestellt wird. Aber, auch wenn sie sich nur auf einen bestimmten Stoff, z. B. auf Arsenik, bezieht, der Chemiker handelt am vorsichtigsten, wenn er ein Verfahren einschlägt, das ihm nicht bloss die Auffindung des einen, vielleicht ohne triftige Gründe vermutheten, Giftes gestattet, sondern ihn auch über die Anwesenheit oder Abwesenheit anderer ähnlicher Gifte belehrt, indem eben immer bedacht werden muss, dass das Corpus delicti nur einmal vorhanden ist.

Wollte man aber darin zu weit gehen und etwa ein Verfahren aufstellen, welches sich auf alle möglichen Gifte erstreckte, so liesse sich ein solches offenbar am Schreibtische ausarbeiten, die Praxis würde aber nur zu bald lehren, dass die nothwendige Umständlichkeit eines solchen Ver-

---

*) Vergl. O. Reveil, Zeitschr. f. analyt. Chem. 4. 266, — Bizio, ebendaselbst 5. 51, — Riederer, ebendaselbst 7. 517.

**) Vergleiche hierüber: a) Meine Abhandlung über die Stellung des Chemikers bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen etc. Annal. der Chem. und Pharm. 49. 275. und b) Meine und v. Babo's Abhandlung über ein neues, unter allen Umständen sicheres Verfahren zur Ausmittelung und quantitativen Bestimmung des Arsens bei Vergiftungsfällen. Annal. der Chem. und Pharm. 49. 287.

fahrens die leichte Ausführbarkeit und die Sicherheit des Erfolges so sehr beeinträchtigte, dass der Nachtheil grösser wäre als der Vortheil.

Auch gestatten in der Regel die begleitenden Umstände wenigstens einen ziemlich sicheren Schluss auf die Gruppe, welcher das Gift angehört haben muss. — Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, stelle ich im Folgenden

1. ein Verfahren auf, welches die Auffindung der kleinsten Mengen von Arsen, welche bei gerichtlichen Untersuchungen in Betracht kommen können, mit grösster Sicherheit verbürgt, eine Gewichtsbestimmung desselben zulässt und dabei die Auffindung aller anderen Metallgifte gestattet;
2. ein Verfahren zur Ermittelung der Blausäure, welches die Substanz weder zur Untersuchung auf Metallgifte noch auf Alkaloide unbrauchbar macht;
3. ein Verfahren zur Ermittelung des Phosphors, welches ebenfalls die Prüfung auf andere Gifte ohne Schwierigkeit zulässt.

Es macht somit dieser Abschnitt nicht Anspruch darauf, eine vollständige Anleitung zu allen möglichen gerichtlich-chemischen Untersuchungen zu geben; was er aber gibt, ist durch eigene Erfahrung erprobt und bewährt. Auch wird das hier Gebotene in den meisten Fällen ausreichen, zumal ich auch unten, als Anhang zu dem Abschnitt, der über die Alkaloide handelt, die besten Methoden angeben werde zu deren Ermittelung in gerichtlichen Fällen.

Bieten sich keine bestimmten Anhaltspunkte in Betreff der Art des Giftes dar, auf welches die Untersuchung gerichtet werden muss, so dass man genöthigt ist, auf alle Gifte — anorganische wie organische — Rücksicht zu nehmen, so beginnt man nach sorgfältigster Untersuchung der Objecte mit unbewaffnetem und bewaffnetem Auge und nach Prüfung des Geruches, der Reaction etc., sofern die Umstände es nicht gestatten, zu den verschiedenen Untersuchungen getrennte Proben zu nehmen, mit der Prüfung auf Blausäure und Phosphor (durch eine Destillation lassen sich in der Regel beide finden), geht dann zu der Untersuchung auf Alkaloide und endlich auf Metallgifte über. — Räthlich erscheint es immer, $^1/_3$ der gewogenen und gleichmässig gemengten Substanz für unvorhergesehene Fälle aufzubewahren.

I. Verfahren zur Ausmittelung des Arsens (mit gleichzeitiger Berücksichtigung aller anderen Metallgifte).

§. 223.

Von allen Metallgiften ist das Arsen das gefährlichste und das am 287
häufigsten — namentlich zur absichtlichen Vergiftung Anderer — angewandte. Unter den Arsenverbindungen aber nimmt die arsenige Säure

(der weisse Arsenik) wiederum die erste Stelle ein, weil sie 1. schon in kleiner Gabe tödtlich wirkt, 2. sich durch den Geschmack nicht oder nur wenig verräth, und 3. nur zu leicht zu bekommen ist.

Da sich nun die arsenige Säure in Wasser wenig und — vermöge ihrer Unbenetzbarkeit — namentlich sehr langsam löst, so ist in der Regel der grössere Theil der verschluckten Quantität im Körper noch in unaufgelöstem Zustande vorhanden; da ferner das kleinste Körnchen sogleich und mittelst eines höchst einfachen Versuches sich erkennen lässt, und da endlich — man mag von in den Knochen etc. normal vorkommendem Arsen denken, was man will — so viel gewiss ist, dass wenigstens niemals arsenige Säure in Körnchen oder Pulver im Körper normal vorkommt, so hat man stets eine besondere Sorgfalt darauf zu richten, arsenige Säure in Substanz aufzufinden, — und in der Regel gelingt dies.

A. *Verfahren zur Auffindung ungelöster arseniger Säure.*

1. Hat man eine Speise, Ausgebrochenes oder dergleichen zu unter- 2
suchen, so mengt man das Ganze, nachdem man es gewogen hat, so weit thunlich gleichförmig, hebt $^1/_3$ für unvorhergesehene Fälle auf, die anderen $^2/_3$ aber rührt man in einer Porzellanschale mit destillirtem Wasser an, lässt ein wenig stehen und giesst alsdann die Flüssigkeit sammt den leichteren, suspendirten Theilchen in eine andere Porzellanschale ab. Man wiederholt dies Abschlämmen noch einige Mal und zwar, wenn dies möglich ist, zweckmässig mit Hülfe einer und derselben Flüssigkeit, welche man zu dem Behufe aus der zweiten Porzellanschale wieder in die erste giesst etc. Zuletzt schlämmt man, am besten in einer Glasschale, nochmals mit etwas reinem Wasser ab, entfernt die Flüssigkeit so weit thunlich und beobachtet nun genau, ob man kleine, weisse, harte, sandig anzufühlende, unter dem Glasstabe knirschende Körnchen findet. Ist dies nicht der Fall, so verfährt man nach §. 224 oder §. 225; ist es aber der Fall, so liest man sie, oder einen Theil derselben, sofern dies möglich, mit der Pincette aus oder man reinigt sie, wenn sie sehr klein sind, durch weiteres Abschlämmen in einem Uhrglase, trocknet sie, wägt sie und prüft alsdann ein oder mehrere Körnchen auf ihr Verhalten beim Erhitzen in einem Glasröhrchen, andere auf ihr Verhalten beim Glühen mit einem Kohlensplitterchen (vergl. §. 132. 2 und 11). — Erhält man im ersten Falle ein weisses, aus kleinen glänzenden Octaëdern und Tetraëdern bestehendes Sublimat, im letzten einen glänzenden Arsenspiegel, so ist die Thatsache, dass die der Prüfung unterworfenen Körnchen arsenige Säure sind, mit Zuverlässigkeit bewiesen. — Handelt es sich darum, eine Gewichtsbestimmung des Arsens vorzunehmen, oder will man auch auf andere Metallgifte prüfen, so vereinigt man den Inhalt beider Schalen und verfährt nach §. 224 oder §. 225.

2. Ist der Gegenstand der Untersuchung ein Magen, so entleert man

dessen Inhalt in eine Porzellanschale, stülpt den Magen um, und untersucht a. die Magenwandungen auf kleine, weisse, harte, sandige Körnchen. Häufig sind die Stellen, an denen sie sitzen, geröthet; oft sitzen sie fest in der Haut. b. Von dem ausgegossenen, gleichförmig gemengten Inhalte behandelt man, nachdem sein Gewicht bestimmt worden, $^2/_3$ wie in 1. angegeben wurde, das letzte Drittel bewahrt man auf. — Ganz wie mit einem Magen verfährt man auch mit Gedärmen. In anderen Körpertheilen (etwa mit Ausnahme der Rachenhöhle und des Schlundes) kann sich arsenige Säure in Körnchen nicht vorfinden, sofern die Vergiftung durch den Mund geschah. — Haben sich Körnchen der fraglichen Art vorgefunden, so prüft man sie nach 1., — anderenfalls, oder wenn man noch auf andere Metallgifte prüfen will, verfährt man nach §. 224 oder §. 225.

B. *Verfahren zur Auffindung in Wasser oder in Salzsäure löslicher Arsen- und anderer Metallverbindungen mittelst der Dialyse*).*

§. 224.

Hat man in A. arsenige Säure in Substanz nicht gefunden und geht 289
man in Folge dessen sofort zu dem in §. 225 beschriebenen Verfahren über, wobei die organischen Substanzen durch chlorsaures Kali und Salzsäure gänzlich zerstört werden, so verzichtet man darauf, in der in Arbeit genommenen Portion untersuchen zu können, in welchem Verbindungszustande etwa gefundenes Arsen vorhanden ist; man erhält eine Arsensäure enthaltende Lösung, mag nun das Arsen als arsenige oder Arsensäure, als Metall oder Schwefelarsen etc. zugegen gewesen sein. Diesen Uebelstand kann man umgehen, wenn man zwischen die in A. und die in C. empfohlene Behandlung einen dialytischen Versuch B. einschiebt.

Zur Ausführung desselben bediene man sich des in §. 8 Fig. 5 abgebildeten Apparates. Der Reif besteht aus Holz oder besser aus Gutta Percha, er hat 2 Zoll Tiefe und 8 bis 10 Zoll Durchmesser. Wenn der Dialysator fehlerfrei hergestellt ist, giesst man die zu untersuchende Masse (Rückstand und Flüssigkeit von §. 223 A.), nachdem man betreffendenfalls $^2/_3$ des in kleine Stücke zerschnittenen Magens, Darmcanals etc. hinzugefügt und das Ganze 24 Stunden lang bei etwa 32°C. digerirt hat, in denselben, doch so, dass die Flüssigkeit höchstens eine $^1/_2$ Zoll hohe Schicht bildet, und lässt ihn auf dem in dem grösseren Gefässe enthaltenen Wasser schwimmen, dessen Menge etwa viermal so gross als die der zu dialysirenden Flüssigkeit sein muss. Nach 24 Stunden findet man die Hälfte bis drei Viertel der Krystalloidsubstanzen in dem äusseren Wasser, welches gewöhnlich farblos erscheint. Man concentrirt es durch Abdampfen auf dem Wasserbade, säuert schliesslich den grössten Theil

*) Vergl. §. 8.

mit Salzsäure an, behandelt mit Schwefelwasserstoff und verfährt überhaupt nach (291 ff.). War eine in Wasser lösliche Arsenverbindung (oder ein anderes lösliches Metallsalz) zugegen, so erhält man das entsprechende Schwefelmetall in schon fast völlig reinem Zustande. Der noch im Dialysator enthaltenen Masse lässt sich dadurch, dass man denselben wiederholt auf neuen Wassermengen schwimmen lässt, schliesslich die ganze Quantität der löslichen Krystalloidsubstanzen entziehen. — In dem Reste des durch Eindampfen concentrirten Dialysates prüft man schliesslich nach §. 134. 9, ob gefundenes Arsen als arsenige oder als Arsensäure zugegen ist.

Den mit Wasser erschöpften Inhalt des Dialysators wird man in der Regel am besten auf in Wasser unlösliche Metallverbindungen sogleich nach §. 225 untersuchen, — in manchen Fällen kann es aber zweckmässig sein — namentlich um die Oxydationsstufe oder den Verbindungszustand auch bei in Wasser unlöslichen Verbindungen des Arsens oder anderer Metalle festzustellen — denselben erst mit verdünnter Salzsäure zu erhitzen und dann aufs Neue der Dialyse zu unterwerfen.

Will man zwischen die Behandlung der zu untersuchenden Objecte nach §. 223 und §. 225 den dialytischen Versuch nicht einschieben (die Untersuchung wird natürlich dadurch in die Länge gezogen), so verwendet man eventuell nach Auffindung eines Metallgiftes das aufgehobene $^1/_3$ des Untersuchungsmaterials zu dem besprochenen dialytischen Versuche zum Behufe näherer Feststellung der Oxydationsstufe und Verbindungsform des Metalles.

C. *Verfahren zur Auffindung des Arsens, in welcher Verbindungsform es sich auch befinden mag, welches zugleich eine Gewichtsbestimmung desselben gestattet und auch die Gegenwart oder Abwesenheit aller anderen Metallgifte erkennen lässt**).

§. 225.

Hat man durch das in A. angegebene Verfahren arsenige Säure in Substanz, oder durch Dialyse eine in Wasser, beziehungsweise in verdünnter Salzsäure lösliche Arsenverbindung nicht gefunden, so verdampft man die durch das Schlämmen verdünnte Masse in einer Porzellanschale im Wasserbade bis zur breiigen Consistenz, — hierzu mengt man betreffendenfalls, und sofern dies bei der Dialyse noch nicht geschehen sein sollte, $^2/_3$ des in Stücke zerschnittenen Magens, Darmcanals etc.

Liegen zur Untersuchung andere Körpertheile vor (Lunge, Leber etc.),

---

*) Das folgende Verfahren ist im Wesentlichen das, welches ich 1844 in Gemeinschaft mit L. v. Babo ausgearbeitet und veröffentlicht habe, vergl. Annal. der Chem. und Pharm. Bd. 49, S. 308. Dasselbe habe ich seither in sehr häufigen Fällen angewendet und unter meinen Augen anwenden lassen; es hat sich stets bewährt.

so zerschneidet man sie ebenfalls in kleine Stücke und verwendet $^2/_3$ zur Untersuchung.

Das Verfahren zerfällt in folgende Abtheilungen*):

1. Entfärbung und Auflösung.

Zu den in der Porzellanschale befindlichen Substanzen, deren Menge 290
beispielsweise 100 bis 250 Grm. betragen mag, fügt man so viel reine Salzsäure von 1,12 specif. Gewicht, dass ihr Gewicht dem Gewichte der in dem Gemenge enthaltenen trocknen Substanzen etwa gleichkommt oder etwas grösser ist, und ferner so viel Wasser, dass das Ganze die Consistenz eines dünnen Breies bekommt. Die zugesetzte Salzsäure betrage keinesfalls mehr als ein Drittel der im Ganzen vorhandenen Flüssigkeit. Die Schale wird hierauf im Wasserbade erhitzt, und in Zwischenräumen von 5 Minuten so lange unter Umrühren chlorsaures Kali in Portionen von etwa 2 Grm. zu der heissen Flüssigkeit gesetzt, bis der Inhalt der Schale hellgelb, völlig homogen und dünnflüssig geworden ist; das verdampfende Wasser ist dabei von Zeit zu Zeit zu ersetzen. — Wenn man den genannten Punkt erreicht hat, so setzt man nochmals eine Portion chlorsauren Kalis hinzu und nimmt die Schale alsdann von dem Wasserbade. Nach völligem Erkalten bringt man ihren Inhalt vorsichtig, je nach seiner Menge, auf ein leinenes Seihetuch oder ein weisses Filter, lässt die Flüssigkeit völlig ablaufen und erhitzt sie einstweilen, unter Erneuerung des verdunstenden Wassers, auf dem Wasserbade, bis der Geruch nach Chlor ganz oder fast ganz verschwunden ist. Den Rückstand, welchen ich I nennen will, wäscht man mit heissem Wasser gut aus, trocknet denselben und hebt ihn, deutlich bezeichnet, zu weiterer Untersuchung nach (303) auf. Das Waschwasser verdampft man im Wasserbade bis auf etwa 100 Grm. und vereinigt diese Flüssigkeit sammt einem darin etwa entstandenen Niederschlage mit dem Hauptfiltrate.

2. Behandlung der Auflösung mit Schwefelwasserstoff (Ab- 291
scheidung vorhandenen Arsens als Arsensulfür, beziehungsweise Abscheidung aller Metalle der fünften und sechsten Gruppe als Schwefelmetalle).

Die nach 1. erhaltene, dreimal bis viermal so viel als die angewandte Salzsäure betragende Flüssigkeit bringt man in einen Kolben, erhitzt denselben auf dem Wasserbade auf 70° C. und leitet etwa 12 Stunden lang einen langsamen Strom gewaschenen Schwefelwasserstoffgases hindurch, dann lässt man, unter fortgesetztem Einleiten des Gases, erkalten, spült die Gasleitungsröhre mit etwas Ammon ab, vereinigt die erhaltene antimonhaltige Lösung nach dem Ansäuern mit der Hauptflüssigkeit und

*) Dass zu einer solchen Untersuchung nur Gefässe und Reagentien genommen werden dürfen, von denen man in Folge sorgfältigster Auswahl und Prüfung überzeugt sein kann, dass sie frei von Arsen, wie überhaupt von schweren Metallen und anderen Verunreinigungen sind, versteht sich von selbst.

stellt den dieselbe enthaltenden Kolben, mit Druckpapier leicht bedeckt, so lange an einen sehr mässig warmen (30° C.) Ort, bis der Geruch nach Schwefelwasserstoff fast verschwunden ist. Der auf diese Weise erhaltene Niederschlag wird auf einem nicht zu grossen Filter gesammelt und so lange mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser kein Chlor mehr enthält. — Filtrat und Waschwasser dampft man ein. Scheidet sich dabei ein Niederschlag aus, so filtrirt man ihn ab, wäscht ihn aus und vereinigt ihn mit dem durch Schwefelwasserstoff erhaltenen Hauptniederschlag. Die durch Abdampfen concentrirte Flüssigkeit aber versetzt man in einem Kolben von geeigneter Grösse mit Ammon bis zur alkalischen Reaction, dann mit Schwefelammonium, verstopft den fast angefüllten Kolben fest und lässt ihn bis zu weiterer Prüfung nach (307) einstweilen stehen.

3. Reinigung des durch Schwefelwasserstoff erzeugten Niederschlages.

Den in 2. erhaltenen Niederschlag, welcher ausser organischen Materien und freiem Schwefel alles etwa vorhandene Arsen als Arsensulfür, wie überhaupt alle vorhandenen Metalle der fünften und sechsten Gruppe als Schwefelmetalle enthalten muss, trocknet man mit dem Filter in einer kleinen, im Wasserbade erhitzten Porzellanschale völlig, fügt tropfenweise reine, namentlich auch chlorfreie, rauchende Salpetersäure hinzu, bis Alles befeuchtet ist, und verdampft alsdann im Wasserbade zur Trockne. Zu dem Rückstande setzt man reines, zuvor erwärmtes Schwefelsäurehydrat bis zu gleichmässiger Befeuchtung, erhitzt alsdann 2 bis 3 Stunden im Wasserbade, zuletzt bei etwas gesteigerter, immer aber nur mässiger Hitze (170° C.) im Luft-, Sand- oder Oelbade, bis die verkohlte Masse eine bröcklige Beschaffenheit annimmt und eine kleine (später wieder zum Ganzen zu setzende) Probe, mit Wasser vermischt, eine nach dem Absitzen farblose, nicht aber eine bräunliche, Flüssigkeit liefert. Sollte dieser Zustand nicht eintreten, sollte der Rückstand vielmehr eine braune, ölige Flüssigkeit darstellen, so fügt man einige Stückchen reines schwedisches Filtrirpapier zu und setzt alsdann das Erhitzen fort. Es kann dies getrost gesteigert werden, bis Schwefelsäurehydratdämpfe zu entweichen anfangen; man hat dabei einen Verlust an Arsen nicht zu befürchten. — Beobachtet man diese Regeln, so wird der beabsichtigte Zweck — Zerstörung der organischen Substanzen, ohne Verlust irgend eines Metalles — stets sicher und befriedigend erreicht. — Den Rückstand erwärmt man mit einer Mischung von 8 Thln. Wasser und 1 Thl. Salzsäure im Wasserbade, filtrirt, wäscht den Rückstand mit heissem destillirtem Wasser, dem man ein wenig Salzsäure zusetzt, vollständig aus und vereinigt die nöthigenfalls durch Abdampfen im Wasserbade concentrirten Waschwasser mit dem Filtrat.

Den ausgewaschenen kohligen Rückstand, welchen ich II nenne,

trocknet man und hebt ihn genau bezeichnet bis zu weiterer Untersuchung nach (304) auf.

4. Vorläufige Prüfung auf Arsen und auf andere Metallgifte der fünften und sechsten Gruppe (zweite Fällung mit Schwefelwasserstoff). 293

Von der in 3. erhaltenen wasserhellen, höchstens etwas geblichen Flüssigkeit, welche alles etwa vorhandene Arsen als arsenige Säure enthält, auch Zinn, Antimon, Quecksilber, Kupfer, Wismuth und Cadmium enthalten kann, wird zunächst eine kleine Probe mit einer Mischung von kohlensaurem Ammon mit etwas Ammon vorsichtig und allmählich übersättigt, und beobachtet, ob hierbei ein Niederschlag entsteht oder nicht. Nachdem diese Frage entschieden ist, säuert man die Probe mit Salzsäure an, wodurch sich ein durch Ammon etwa entstandener Niederschlag wieder löst, mischt die Probe wieder zu der Hauptflüssigkeit und behandelt dieselbe genau nach der in (291) angegebenen Weise, anfangs unter gelindem Erwärmen, dann ohne solches, mit Schwefelwasserstoff. — Es können hierbei drei verschiedene Fälle eintreten, welche genau zu unterscheiden sind.

a. *Es entsteht durch Schwefelwasserstoff längere Zeit hindurch kein Niederschlag*, aber beim Stehen scheidet sich ein geringer von weisser oder gelblich-weisser Farbe ab. — In dem Falle sind aller Wahrscheinlichkeit nach keine Metalle der fünften und sechsten Gruppe zugegen. — Nichtsdestoweniger behandelt man, um auch die geringsten Spuren von Arsen etc. nicht zu übersehen, den abfiltrirten und ausgewaschenen Niederschlag nach (297). 294

b. *Es entsteht ein rein gelber Niederschlag* von der Farbe des Arsensulfürs. — Man nimmt ein kleines Theilchen der Flüssigkeit sammt dem darin suspendirten Niederschlage, setzt etwas Ammon zu und schüttelt, ohne zu erwärmen, eine Zeit lang. Löst sich der Niederschlag leicht und — bis auf eine Spur Schwefel — vollständig auf, und ist bei der in (293) vorgenommenen Prüfung einer Probe durch kohlensaures Ammon kein Niederschlag entstanden, so ist Arsen und kein anderes Metall zugegen (wenigstens ist von einem anderen Metall, Zinn oder Antimon, keine bemerkenswerthe Menge vorhanden). Man versetzt die Auflösung der kleinen Probe in Ammon mit Salzsäure bis zur sauren Reaction, fügt die so angesäuerte Probe wieder zu der den Hauptniederschlag enthaltenden Flüssigkeit und verfährt alsdann nach (297). — Löst sich dagegen der Niederschlag in Ammon nicht oder nur unvollständig, oder ist bei der Prüfung in (293) durch kohlensaures Ammon ein Niederschlag entstanden, so hat man Grund anzunehmen, dass ein anderes Metall, vielleicht neben Arsen, vorhanden ist. Man setzt zu der Probe im Röhrchen ebenfalls Salzsäure bis 295

zur sauren Reaction, vereinigt diese Probe wieder mit der den Hauptniederschlag enthaltenden Flüssigkeit und verfährt alsdann nach (298).

c. *Es entsteht ein Niederschlag von anderer Farbe.* — Man muss alsdann annehmen, dass andere Metalle, vielleicht neben Arsen, vorhanden sind. Man verfährt nach (298).

5. Behandlung des reinen Schwefelwasserstoffniederschlages, wenn man nach (295) Grund hat, darin nur Arsen anzunehmen. — Gewichtsbestimmung des Arsens.

Sobald die nach (293) gefällte Flüssigkeit den Geruch nach Schwefelwasserstoff fast verloren hat, filtrirt man den gelben Niederschlag auf einem kleinen Filter ab, wäscht ihn vollständig aus, übergiesst ihn noch feucht auf dem Filter mit Ammonflüssigkeit, wäscht das Filter (auf dem in diesem Falle ausser etwas Schwefel nichts Ungelöstes geblieben sein kann) mit verdünntem Ammon vollständig aus, verdampft die ammoniakalische Flüssigkeit in einem kleinen, genau gewogenen Porzellanschälchen im Wasserbade, trocknet den Rückstand bei 100° C., bis er nicht mehr an Gewicht abnimmt, und wägt ihn. Zeigt es sich nach der Reduction, dass der Rückstand aus vollkommen reinem Schwefelarsen bestand, so wird für je einen Theil desselben 0,8049 arsenige Säure, oder 0,6098 Arsen in Rechnung gebracht. Mit dem Rückstand im Schälchen verfährt man sodann nach (300).

6. Behandlung des reinen Schwefelwasserstoffniederschlages, wenn man nach (295) oder nach (296) Grund hat, darin ein anderes Metall — vielleicht neben Arsen — zu vermuthen. Trennung der Metalle von einander. — Gewichtsbestimmung des Arsens.

Liegen Gründe vor, in der nach (293) gefällten Flüssigkeit andere Metalle, vielleicht neben Arsen, zu vermuthen, so filtrirt man, sobald die Fällung mit Schwefelwasserstoff vollständig beendigt und der Geruch nach Schwefelwasserstoff ziemlich verschwunden ist, den Niederschlag auf einem kleinen Filter ab, wäscht ihn vollständig aus, durchbohrt die Spitze des Filters, spritzt den Niederschlag mit möglichst wenig Wasser vollständig in ein untergestelltes Kölbchen ab, fügt zu der Flüssigkeit, in welcher er suspendirt ist, erst Ammon, dann etwas gelbliches Schwefelammonium, lässt einige Zeit in gelinder Wärme digeriren und filtrirt alsdann, sofern ein unlöslicher Niederschlag geblieben ist, diesen ab. Der *Niederschlag*, den ich III nennen will, wird ausgewaschen, mit Wasser vom durchbohrten Filter abgespritzt und wohl bezeichnet zur weiteren Untersuchung nach (305) aufbewahrt. — Das Filtrat dagegen verdampft man sammt den Waschwassern in einer kleinen Porzellanschale zur Trockne. Den Rückstand behandelt man mit etwas reiner und chlorfreier rauchender Salpetersäure, verdampft diese ziemlich vollständig und fügt dann, wie dies C. Meyer zuerst empfohlen hat, in kleinen Portionen eine Lö-

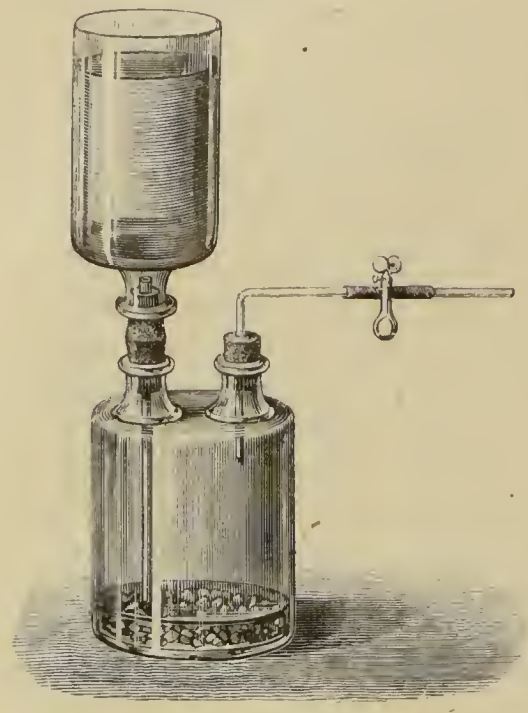
sung von reinem kohlensaurem Natron zu, bis dieses vorherrscht. Nun mischt man noch ein Gemenge von 1 Thl. kohlensaurem und 2 Thln. salpetersaurem Natron in genügender, aber auch nicht zu grosser Menge zu, verdampft zur Trockne und erhitzt den Rückstand sehr allmählich bis zum Schmelzen. Nach dem Erkalten zieht man mit kaltem Wasser aus. Bleibt ein Rückstand, so filtrirt man denselben, ich will ihn IV 299
nennen, ab, wäscht ihn mit einer Mischung von gleichen Theilen Weingeist und Wasser aus und hebt ihn zur weiteren Untersuchung nach (306) auf. Die Lösung, worin alles Arsen als arsensaures Natron enthalten sein muss, mischt man mit der durch Abdampfen des Waschwassers erhaltenen alkoholfreien Flüssigkeit, säuert mit reiner verdünnter Schwefelsäure allmählich und vorsichtig stark an, verdampft in einer kleinen Porzellanschale, prüft die stark eingeengte Flüssigkeit durch weiteren Zusatz von Schwefelsäure, ob die Menge der letzteren hingereicht hat, alle Salpetersäure und salpetrige Säure auszutreiben, und erhitzt zuletzt vorsichtig bis schwere Dämpfe von Schwefelsäurehydrat zu entweichen beginnen. — Man fügt alsdann nach dem Erkalten Wasser zu, bringt die Lösung in einen kleinen Kolben und leitet, während man denselben auf 70° C. erhitzt, mindestens sechs Stunden lang einen langsamen Strom gewaschenen Schwefelwasserstoffgases ein, zuletzt lässt man unter fortwährendem Einleiten erkalten. Ist Arsen zugegen, so entsteht ein gelber Niederschlag. Man filtrirt ihn, sobald er sich vollständig abgesetzt und die Flüssigkeit ihren Geruch nach Schwefelwasserstoff fast verloren hat, ab, wäscht ihn aus, trocknet ihn, befreit ihn durch Behandlung mit reinem Schwefelkohlenstoff von dem dem Arsensulfür beigemengten Schwefel, löst ihn in Ammon und verfährt mit der Lösung zur Gewichtsbestimmung des Arsens nach (297).

7. Reduction des Schwefelarsens.

Auf die Darstellung des metallischen Arsens aus dem Schwefelarsen, 300
welche den Schlussstein des Beweises von der Anwesenheit des Arsens liefern soll, muss die grösste Sorgfalt verwendet werden. — Man bedient sich hierzu am sichersten und besten der in §. 132. 12 (S. 192) empfohlenen Methode, d. h. man schmelzt die mit Cyankalium und Soda gemengte Arsenverbindung im langsamen Kohlensäurestrom. Dieses Verfahren ist gerade deshalb für gerichtliche Fälle so geeignet, weil es neben dem Vorzug grosser Genauigkeit sichere Gewähr gegen jede Verwechselung des Arsens mit einem anderen Körper (namentlich Antimon) bietet. Man achte sorgfältig darauf, dass der ganze Apparat mit Kohlensäure gefüllt ist und dass der Gasstrom die richtige Stärke hat, bevor man erhitzt. Statt des auf S. 192 abgebildeten Kohlensäureentwickelungsapparates kann auch der etwas einfachere, welchen Fig. 44 (a. f. S.) darstellt, gebraucht werden. Das obere Gefäss bedeckt man zweckmässig mit einer Glas- oder Porzellanschale; der Quetschhahn ist mit einer Stellschraube versehen; als Stopfen verwendet man am besten solche von Kautschuk. —

Entwickelungsapparate, welche ein Reguliren des Kohlensäurestromes nicht gestatten, sollte man für den vorliegenden wichtigen Versuch nicht verwenden.

Fig. 44.

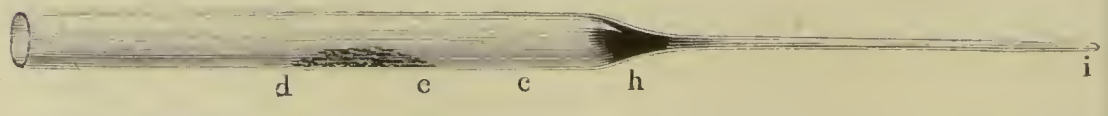


Zur Reduction kann man geradezu das erhaltene Schwefelarsen verwenden. Man nimmt aber wo möglich nicht die ganze Menge des in dem Schälchen enthaltenen, durch Abdampfen der ammoniakalischen Lösung gewonnenen Rückstandes, sondern nur einen Theil desselben, um die Reduction nöthigenfalls mehrmals wiederholen zu können. — Ist der Rückstand so gering, dass man Theilchen desselben nicht wohl herausnehmen kann, so löst man ihn in einigen Tropfen Ammon, fügt ein paar Körnchen kohlensaures Natron zu, verdampft unter Umrühren im Wasserbade zur Trockne und verwendet zur Reduction Theilchen dieser Masse.

Otto*) empfiehlt, nicht das Schwefelarsen, sondern die daraus zu erhaltende Arsensäure der Reduction mit Cyankalium zu unterwerfen. Man dampft, nach ihm, über dem in dem Schälchen befindlichen Schwefelarsen concentrirte Salpetersäure ab, wenn nöthig wiederholt, entfernt jede Spur von Salpetersäure durch wiederholtes Befeuchten des Rückstandes mit Wasser und Eintrocknen, weicht dann den Rückstand mit einigen Tropfen Wasser auf, gibt zerriebenes kohlensaures Natron hinzu, so dass eine alkalische Masse entsteht, und trocknet diese im Schälchen, unter öfterem Umrühren, vollständig aus, indem man Sorge trägt, sie in die Mitte des Schälchens auf einen möglichst kleinen Raum zu bringen. Diese Masse ist dann trefflich zur Reduction geeignet. — Ich kann diesen Ausspruch Otto's vollkommen bestätigen, doch will ich nochmals nachdrücklich darauf aufmerksam machen, dass der Rückstand schlechterdings keine Spur von Salpetersäure oder salpetersaurem Salz mehr enthalten darf, widrigenfalls beim Glühen mit Cyankalium eine Verpuffung entstehen und der Versuch misslingen würde.

Nach beendigter Operation schneidet man die Reductionsröhre bei c ab, hebt den vorderen, den Arsenspiegel enthaltenden Theil auf, den

Fig. 45.



*) Anleitung zur Ausmittelung der Gifte von Dr. Fr. Jul. Otto. 3. Aufl. S. 85.

hinteren aber übergiesst man in einem Cylinder mit Wasser, filtrirt nach dem Aufweichen der Salzmasse die Lösung ab, versetzt letztere mit Salzsäure, bis sie sauer ist, leitet noch etwas Schwefelwasserstoff ein und beobachtet, ob hierdurch ein Niederschlag entsteht. — Hat man das Schwefelarsen als solches reducirt, so wird in der Regel ein geringer gelber Niederschlag entstehen; wären Antimonspuren zugegen gewesen, so würde der Niederschlag orangefarben und in kohlensaurem Ammon unlöslich sein. — Nachdem alle löslichen Salze der geschmolzenen Masse ausgezogen sind, untersucht man den vielleicht gebliebenen metallischen Rückstand auf Zinn- und Antimon-Spuren (denn nur Spuren dieser beiden Metalle können sich, wenn man das angegebene Verfahren genau befolgt hat, hier vorfinden). Sollten dieselben irgend erheblich sein, so müsste in Betreff der Gewichtsbestimmung des Arsens eine entsprechende Correction vorgenommen werden.

8. Untersuchung der aufbewahrten Rückstände auf anderweitige Metalle der fünften und sechsten Gruppe.

a. Rückstand I, vergl. (290). 303

Derselbe kann namentlich Chlorsilber und schwefelsaures Bleioxyd, möglichenfalls auch Zinnoxyd und schwefelsauren Baryt enthalten.

Man äschert denselben in einer Porzellanschale ein, verbrennt die Kohle mit Hülfe von etwas salpetersaurem Ammon, zieht den Rückstand mit Wasser aus, trocknet den unlöslichen Theil und schmelzt ihn mit kohlensaurem Natron und Cyankalium in einem Porzellantiegel. Nach dem Erkalten erschöpft man die Masse mit Wasser, behandelt den Rückstand zunächst mit verdünnter Essigsäure, um etwa entstandenen kohlensauren Baryt auszuziehen, erwärmt den etwa noch gebliebenen Rückstand mit Salpetersäure und verfährt nach §. 181. — Die erhaltene essigsaure Lösung prüft man mit Gypslösung auf Baryt.

b. Rückstand II, vergl. (292). 304

Der bei der Reinigung des rohen Schwefelwasserstoffniederschlages mit Salpetersäure und Schwefelsäure erhaltene kohlige Rückstand, welcher namentlich Blei, Quecksilber und Zinn, aber auch Wismuth und Antimon enthalten kann, wird mit Königswasser andauernd erhitzt. Nach dem Abfiltriren wäscht man den Rückstand mit Wasser aus, dem man anfangs etwas Salzsäure zugefügt hat. — Das durch die Waschwasser verdünnte Filtrat behandelt man mit Schwefelwasserstoff und untersucht einen etwa entstehenden Niederschlag nach §. 191; den in Königswasser unlöslichen Rückstand äschert man ein, schmelzt die Asche mit Cyankalium und verfährt mit der Schmelze wie in (303).

c. Rückstand III. vergl. (298). 305

Der in Schwefelammonium unlösliche Niederschlag ist auf die Metalle der Gruppe V nach §. 193 zu prüfen.

d. Rückstand IV, vergl. (299).

Derselbe kann Zinn und Antimon, auch wohl Kupfer enthalten. Man behandelt denselben nach (123). Wenn er schwarz (kupferoxydhaltig) gewesen sein sollte, so behandelt man die reducirten Metalle nach §. 181.

9. Untersuchung des aufbewahrten Filtrates auf Metalle der vierten und dritten Gruppe, namentlich auf Zink, Chrom und Thallium*).

a. Die in (291) vom Schwefelwasserstoffniederschlage abfiltrirte Flüssigkeit ist oben bereits mit Schwefelammonium versetzt worden. Hierdurch wird in der Regel ein Niederschlag entstanden sein, welcher aus Schwefeleisen und phosphorsaurem Kalk besteht, aber auch Schwefelzink, Schwefelthallium und Chromoxydhydrat enthalten kann. Man filtrirt denselben ab, wäscht ihn mit schwefelammoniumhaltigem Wasser aus, löst ihn durch Erwärmen mit Salzsäure unter Zusatz von Salpetersäure auf, verdampft das Filtrat unter Zusatz von Schwefelsäure in einer Retorte bis zur beginnenden teigigen Consistenz und prüft das Destillat mit Jodkalium, Platinchlorid und schliesslich spectralanalytisch auf Thallium (§. 113. b.), von dem ein Theil mit dem Chlorwasserstoff entwichen sein kann. Den Rückstand in der Retorte behandelt man mit Wasser, filtrirt, setzt kohlensaures Natron zu bis alkalisch, dann Cyankaliumlösung (welche frei von Schwefelkalium sein muss) im Ueberschuss. Man erhitzt eine Zeit lang, filtrirt, hebt den im Filter gebliebenen Niederschlag α auf und versetzt das Filtrat mit Schwefelammonium, um etwaiges Thallium als Schwefelthallium auszufällen und es dann spectralanalytisch zu prüfen. Das Filtrat sammt dem Niederschlag α dampft man im Freien oder unter einem guten Dunstabzug mit überschüssiger Schwefelsäure ein, bis ein Theil des Schwefelsäurehydrates entwichen, verdünnt, filtrirt, fällt mit Ammon und Schwefelammonium und prüft einen entstehenden Niederschlag auf Zink und Chromoxyd nach (156) bis (159).

b. Die in (307) von dem Schwefelammoniumniederschlag abfiltrirte Flüssigkeit kann noch einen Theil, möglichenfalls auch alles anwesende Chrom enthalten, weil das Chromoxyd aus einer organische Materien enthaltenden Lösung durch Ammon und Schwefelammonium nicht vollständig gefällt wird. Um es nachzuweisen, ist die Flüssigkeit zur Trockne zu verdampfen, der Rückstand zu glühen, der feuerbeständige Theil desselben mit 3 Thln. chlorsaurem Kali und 1 Thle. kohlensaurem Natron zu mengen und vorsichtig in einen mässig glühenden Tiegel einzutragen. Kocht man

*) Ueber die giftigen Eigenschaften des Thalliums vergl. Lamy, Journ. für prakt. Chem. 91. 366. — Ueber die Entdeckung des Thalliums in gerichtlichen Fällen mittelst der Elektrolyse vergl. Marmé, Zeitschrift f. analyt. Chem. 6. 503.

die erkaltete Masse mit Wasser, so erscheint, bei Anwesenheit von Chrom, die Flüssigkeit gelb von chromsaurem Alkali. In Betreff weiterer Nachweisung vergl. §. 138.

II. Verfahren zur Ausmittelung der Blausäure.

§. 226.

Hat eine wirkliche oder muthmaassliche Vergiftung mit Blausäure 309
oder mit Cyankalium, welches der Blausäure gleich wirkt und — weil vielfach technisch verwendet — jetzt sehr leicht zu bekommen ist, stattgefunden, und soll die Blausäure aus Speisen oder dem Inhalte eines Magens abgeschieden und nachgewiesen werden, so ist es vor Allem nöthig, rasch zu handeln, da die Blausäure als ein leicht zersetzbarer Körper sich sonst zerlegen kann. Die Zersetzung erfolgt übrigens doch nicht so gar schnell, und namentlich dauert es längere Zeit, bis sich alle Blausäure zersetzt hat*).

Wenngleich sich nun die Blausäure schon mit ziemlicher Gewissheit, selbst bei kleinen Mengen, durch den Geruch erkennen lässt, so kann dies doch niemals als hinlänglicher Beweis ihrer Anwesenheit gelten. Man muss sie vielmehr stets abscheiden und in bekannte Verbindungen überführen, um den Beweis vollständig zu liefern.

Die im Folgenden angegebene Methode beruht auf der Destillation der angesäuerten Masse und der Nachweisung der Blausäure im Destillate. — Da nun die nicht giftigen Salze, Ferro- oder Ferridcyankalium, dieser Operation unterworfen, ebenfalls ein blausäurehaltiges Destillat liefern, so muss man — wie Otto treffend bemerkt — zunächst prüfen, ob nicht etwa eines dieser Salze zugegen ist. — Man rührt zu dem Ende eine kleine Portion der zu untersuchenden Masse mit Wasser an, filtrirt, säuert das Filtrat mit Salzsäure an und prüft eine Probe desselben mit Eisenchlorid, eine zweite mit schwefelsaurem Eisenoxydul. Entsteht weder in der einen noch in der anderen ein blauer Niederschlag oder eine blaue Färbung, so sind lösliche Ferro- oder Ferridcyanverbindungen nicht zugegen, und man kann mit voller Beruhigung den folgenden Weg einschlagen. Erhielte man dagegen eine auf Ferro- oder Ferridcyanmetalle hindeutende Reaction, so müsste man nach (314) verfahren.

Man prüft zunächst die Reaction der zu untersuchenden, nöthigen- 310
falls mit Wasser angerührten Masse, fügt, falls sie nicht schon stark sauer

*) So gelang es mir, aus dem Magen eines Mannes, der sich bei heisser Sommerwitterung mit Blausäure vergiftet hatte, und dessen Eingeweide mir erst nach 36 Stunden zur Untersuchung übergeben wurden, noch eine beträchtliche Menge Blausäure abzuscheiden; — ebenso liess sich in dem mit dem Blute vereinigten Mageninhalte eines Hundes, welcher mit einer ganz geringen Menge officineller Blausäure vergiftet worden war, dieselbe noch nachweisen, nachdem derselbe 24 Stunden bei heisser Sommerwitterung gelegen hatte.

ist, so viel Weinsteinsäurelösung zu, bis Lackmus stark geröthet wird, bringt das Ganze in eine Retorte, befestigt dieselbe so, dass ihr Bauch in einem eisernen oder kupfernen Kessel sich befindet, ohne den Boden zu berühren, welchen man übrigens der Vorsicht halber mit einem Tuche bedeckt, füllt den Kessel mit einer Chlorcalciumlösung und erhitzt diese, so dass der Inhalt der Retorte, deren Hals man aufwärts richtet, in ein gelindes Sieden kommt. Die übergehenden Dämpfe leitet man mit Hülfe einer gut eingepassten, in ganz stumpfem Winkel gebogenen Röhre durch einen Liebig'schen Kühlapparat*) und fängt das Destillat in einem kleinen tarirten Kölbchen auf. Sobald etwa 15 Cubikcentimeter überdestillirt sind, nimmt man das erste Kölbchen weg und ersetzt es durch einen ebenfalls tarirten etwas grösseren Kolben.

Man wägt nun das erste Destillat und prüft dasselbe wie folgt:

a. Ein Viertel versetzt man mit etwas Kali- oder Natronlauge, bis die Flüssigkeit stark alkalisch reagirt, fügt eine kleine Menge Eisenvitriollösung, der man ein wenig Eisenchlorid zugemischt hat, hinzu, digerirt einige Minuten in sehr gelinder Wärme und übersättigt endlich mit Salzsäure. Entsteht ein blauer Niederschlag, so ist relativ viel, entsteht eine blaugrüne Lösung, aus der sich bei längerem Stehen blaue Flöckchen abscheiden, so ist relativ wenig Blausäure in dem Destillate.

b. Ein Viertel behandelt man nach §. 155. 7, um die Blausäure in die Form von Schwefelcyaneisen überzuführen. — Da aber das Destillat leicht Essigsäure enthalten kann, so versäume man nicht, zuletzt noch etwas mehr Salzsäure zuzufügen, um dem schädlichen Einflusse des essigsauren Ammons zu begegnen.

c. Hat man durch die Versuche a und b die Gegenwart der Blausäure erwiesen, und soll nun auch deren Menge annäherungsweise bestimmt werden, so destillirt man zunächst weiter, so lange noch eine blausäurehaltige Flüssigkeit übergeht, vereinigt die Hälfte des Inhalts der zweiten Vorlage mit der noch vorhandenen Hälfte des erst übergegangenen Destillats, versetzt die Flüssigkeit mit salpetersaurem Silberoxyd, sodann mit Ammon bis zum Vorwalten, endlich mit Salpetersäure bis zur stark sauren Reaction, lässt den entstandenen Niederschlag sich setzen, filtrirt ihn auf einem bei 100° C. getrockneten, gewogenen Filter ab, wäscht ihn aus, trocknet ihn aufs Vollständigste bei 100° C. und wägt ihn. — Man glüht ihn hierauf in einem Porzellantiegelchen, zur Zerstörung des Cyansilbers, schmelzt den Rückstand mit kohlensaurem Natronkali (zur Zersetzung etwa beigemengten Chlorsilbers), kocht

*) Hat man Veranlassung, die Prüfung auf Blausäure mit der auf Phosphor zu verbinden, so muss der Kühlapparat ganz von Glas sein und die Destillation im vollkommen dunkelen Raume vorgenommen werden, vergl. (318).

die Masse mit Wasser, filtrirt, fällt das Filtrat, nach Ansäuerung mit Salpetersäure, durch salpetersaures Silberoxyd, bestimmt das Gewicht des etwa niedergefallenen Chlorsilbers und zieht es von dem Gesammtgewicht des Chlor- und Cyansilbers ab. Aus der Differenz ergibt sich alsdann die Menge des letzteren; multiplicirt man das Cyansilber mit 0,2017, so findet man die Menge der ihm entsprechenden wasserfreien Blausäure, und multiplicirt man diese wiederum mit 2 (es wurde ja nur $^1/_2$ zur Bestimmung verwendet), so erfährt man die Quantität der im Ganzen vorhanden gewesenen Blausäure. — Anstatt den geschmolzenen Silberniederschlag durch kohlensaures Natronkali in Schmelzhitze zu zersetzen, kann man denselben auch unter Zusatz verdünnter Schwefelsäure mit Zink reduciren und in dem Filtrate das Chlor bestimmen.

Statt dieser indirecten Verfahrungsweisen kann man auch folgende directe Methode wählen: Man bringt die zur Quantitätsbestimmung der Blausäure bestimmte Hälfte des Destillats mit gepulvertem Borax in eine Retorte, destillirt bis auf einen kleinen Rest ab und bestimmt im Destillat die Blausäure als Cyansilber. Chlorwasserstoffsäure kann in diesem Destillate nicht mehr enthalten sein, da dieselbe durch das Natron des Boraxes zurückgehalten worden ist (Wackenroder).

Für den möglichen Fall, dass Ferrocyan- oder Ferridcyanmetalle ge- 314
funden wurden, empfiehlt J. Otto*) die zu untersuchende Masse schwach anzusäuern, dann fein zertheilten (durch Fällung bereiteten) kohlensauren Kalk im Ueberschuss zuzufügen und bei 40° bis 50° C. aus dem Wasserbade zu destilliren. Die Ferro- und Ferridcyanwasserstoffsäure werden dann durch den Kalk des kohlensauren Kalks gebunden und zurückgehalten, die Cyanwasserstoffsäure aber destillirt über. — Die Destillation über freiem Feuer vorzunehmen ist unzulässig, weil dann auch bei blosser Anwesenheit von Ferro- oder Ferridcyanverbindungen etwas Blausäure in das Destillat gelangt.

III. Verfahren zur Ausmittelung des Phosphors.

§. 227.

Seitdem der Phosphorbrei zur Vertilgung der Mäuse etc. in Gebrauch 315
gekommen, auch die giftige Wirkung der Zündmasse der Streichhölzchen genugsam bekannt geworden ist, hat es an Versuchen nicht gefehlt, den Phosphor zum Giftmorde zu verwenden. Es wird daher dem Chemiker nicht selten die Aufgabe gestellt, Phosphor im Mageninhalte oder in Speisen nachzuweisen. Dass hierbei sein ganzes Augenmerk darauf gerichtet

*) Dessen Anleitung zur Ausmittelung der Gifte, 3. Aufl. S. 14.

sein muss, den Phosphor in freiem Zustande abzuscheiden oder solche Reactionen hervorzurufen, welche auf die Anwesenheit freien Phosphors schliessen lassen, liegt nahe, da ja das Auffinden von Phosphor in Form phosphorsaurer Salze ohne alle Bedeutung sein würde, insofern solche in Thier- und Pflanzenorganismen stets vorkommen.

A. Auffindung unoxydirten Phosphors.

1. Man prüfe vor Allem, ob die zu untersuchende Substanz einen Gehalt 3
an unoxydirtem Phosphor nicht schon durch ihren Geruch oder ihr Leuchten im Dunkeln verräth, wobei man nicht versäumen muss, den in der Masse eingeschlossenen Phosphor durch Reiben, Umrühren oder Schütteln mit der Luft in vermehrte Berührung zu bringen.

2. Man bringe, nach J. Scherer's Vorschlag *), etwas der Substanz in 3
ein Kölbchen, befestige am lose aufzusteckenden Korke ein mit neutraler Lösung von salpetersaurem Silberoxyd befeuchtetes Streifchen von Filtrirpapier und erwärme auf 30° bis 40° C. Schwärzt sich das Papier auch nach längerer Zeit nicht, so ist unoxydirter Phosphor nicht zugegen, es ist daher nicht oder kaum erforderlich, die Methoden 3 und 4 anzuwenden, man kann zu (324) übergehen. Schwärzt sich dagegen das Papierstreifchen, so liegt darin noch kein sicherer Beweis für die Anwesenheit des Phosphors, da auch Schwefelwasserstoff (durch ein mit Bleilösung oder mit Antimonchlorür befeuchtetes Papierstreifchen nachweisbar), Ameisensäure, Fäulnissstoffe etc. Schwärzung bewirken können. Man verfahre daher mit der Hauptmasse nach 3 und 4.

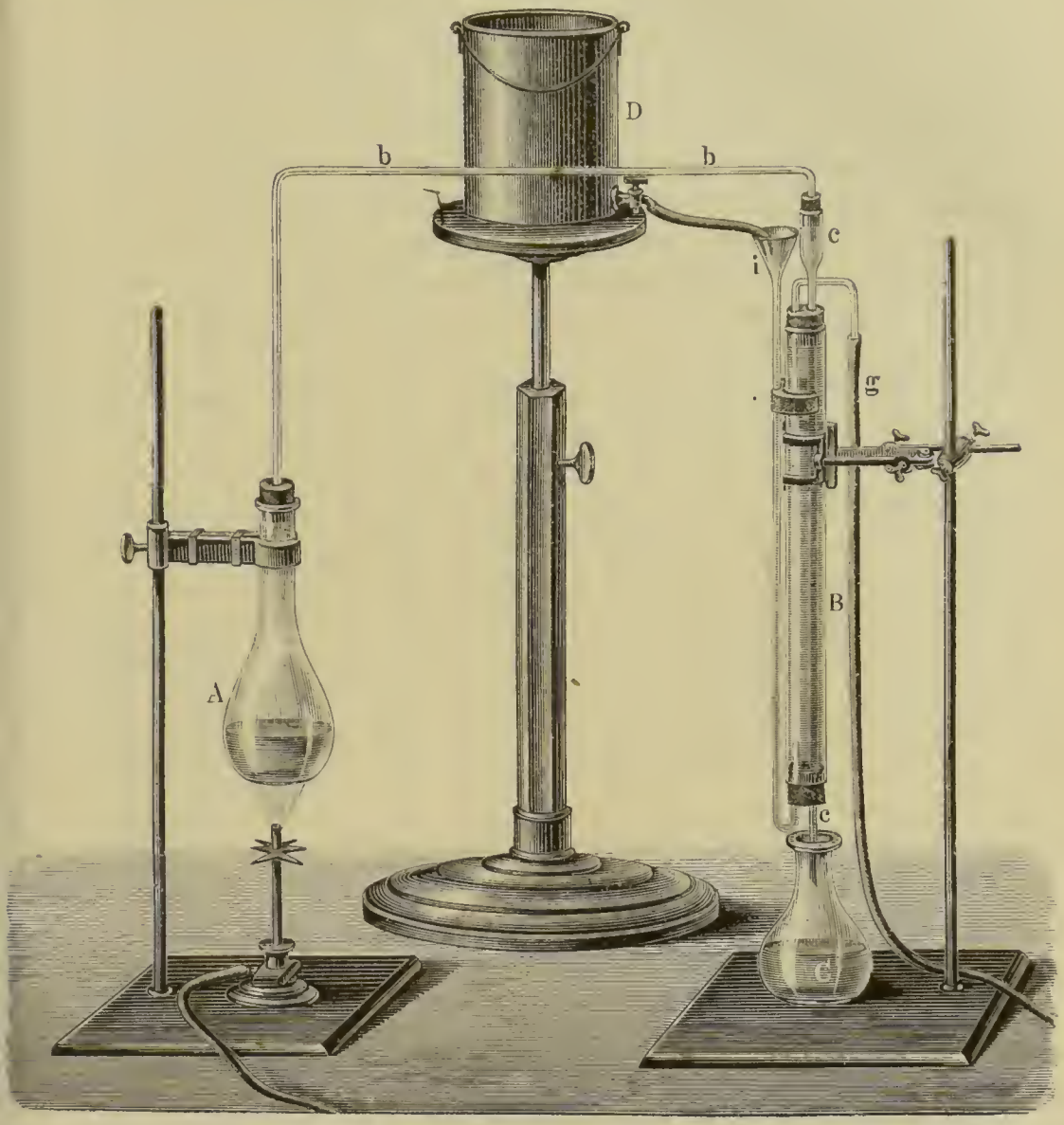
3. Da das Leuchten des Phosphors immer einer der schlagendsten Be- 3
weise für dessen Anwesenheit im unoxydirten Zustande ist und bleibt, so verwende man eine grössere Probe der Substanz zur Prüfung nach der folgenden, von E. Mitscherlich **) empfohlenen, vortrefflichen und bewährten Methode.

Man versetzt die zu prüfende Substanz mit Wasser und etwas Schwefelsäure oder — wenn man gleichzeitig die Prüfung auf Blausäure vornimmt — Weinsteinsäure und unterwirft sie in dem Kolben *A* (Fig. 46), dessen Inhalt man zum gelinden Sieden erhitzt und darin unterhält, der Destillation. Mit dem Kolben bringt man ein Entbindungsrohr *b* in Verbindung und dieses mit einem gläsernen Kühlrohre *c c*, welches durch den Boden des Cylinders *B*, worin es mit einem Kork befestigt ist, hindurchgeht und in ein Gefäss *C* mündet. Aus dem Gefässe *D* lässt man durch einen Hahn kaltes Wasser in die Trichterröhre *i*

*) Ann. d. Chem. u. Pharm. 112. 214. — **) Journ. f. prakt. Chem. Bd. 66. S. 238.

fliessen, die es unten in den Cylinder *B* einführt; das erwärmte Kühlwasser fliesst durch *g* ab.

Fig. 46.



Enthält nun die in *A* befindliche Substanz Phosphor, so bemerkt man im Dunkeln da, wo die Wasserdämpfe oben in den abgekühlten Theil des Kühlrohrs einströmen, das deutlichste Leuchten, gewöhnlich einen leuchtenden Ring. Man kann, wenn man 150 Grm. einer Masse zur Destillation verwendet, die nur 1,5 Milligramm Phosphor, also nur $^1/_{100000}$ des Ganzen enthält, über 90 Grm. abdestilliren, was über eine halbe Stunde dauert, ohne dass das Leuchten aufhört; selbst als Mitscherlich den Versuch nach einer halben Stunde unterbrach, den Kolben offen 14 Tage hinstellte und dann die Destillation fortsetzte, trat das Leuchten wieder ungeschwächt ein.

Enthält die Flüssigkeit Substanzen, welche das Leuchten des Phosphors überhaupt verhindern, wie Aether, Alkohol oder Terpentinöl, so

findet, so lange diese noch übergehen, kein Leuchten Statt. Da Aether und Alkohol jedoch sehr bald abdestillirt sind, so tritt auch das Leuchten sehr rasch ein. Terpentinöl verhindert das Leuchten dauernd.

Am Boden der Flasche, in welche das Destillat abfliesst, findet man 3
— wenn irgend erhebliche Phosphormengen zugegen sind — Phosphorkügelchen. 150 Grm. einer Masse, welche 0,02 Grm. Phosphor enthielt, gaben Mitscherlich so viel Phosphorkügelchen, dass der zehnte Theil hingereicht hätte, sie als Phosphor zu erkennen. Bei forensischen Analysen würde man sie zunächst mit Alkohol abwaschen, dann wägen. Ein Theilchen kann alsdann näher geprüft werden, ob es auch sicher Phosphor ist; der Rest wird sammt einem Theile der Flüssigkeit, welche das Leuchten bei der Destillation zeigt, dem auszustellenden Gutachten beigefügt.

Der Versuch ist in einem ganz dunkeln Raume, am besten Abends, auszuführen. Führt man ihn bei Tage aus, so sorge man, dass in den alsdann durch Schliessen und Verhängen der Fenster und Läden zu verdunkelnden Raum nirgends Licht einfalle, da sonst an den Glaswandungen und in den bewegten Flüssigkeiten Lichtreflexe eintreten, welche zu Täuschungen führen könnten. Zweckmässig ist es, den horizontalen Schenkel der Entwickelungsröhre *b* durch die Oeffnung eines Schirms gehen zu lassen, auf dass auch durch die Weingeist- oder Gaslampe keine täuschenden Reflexe entstehen können. Alle diese Vorsichtsmaassregeln sind natürlich nur nöthig, wenn es sich um die Nachweisung der allerkleinsten Spuren handelt.

Der Destillationsrückstand ist alsdann nach (324) auf phosphorige Säure zu untersuchen; auch das Destillat kann in dieser Weise weiter geprüft werden, um darin die Anwesenheit von Phosphor zu bestätigen, oder durch Oxydation von Phosphordämpfen entstandene phosphorige Säure nachzuweisen*).

4. Eine andere Probe der zu Gebote stehenden Masse bringe man nach 3
von Neubauer und mir angestellten Versuchen**), nöthigenfalls unter Zufügen von Wasser, in einen Glaskolben mit doppelt durchbohrtem Stopfen, füge verdünnte Schwefelsäure hinzu bis zur sauren Reaction, leite durch eine bis fast auf den Boden reichende Glasröhre gewaschenes kohlensaures Gas***) in langsamem Strome ein und lasse das aus dem oben abführenden zweiten Glasrohre entweichende durch eine oder zwei Uförmige Röhren streichen, welche eine neutrale Lösung von salpetersaurem Silberoxyd enthalten. Den Kolben erwärme man, nachdem er mit Kohlensäure erfüllt ist, auf

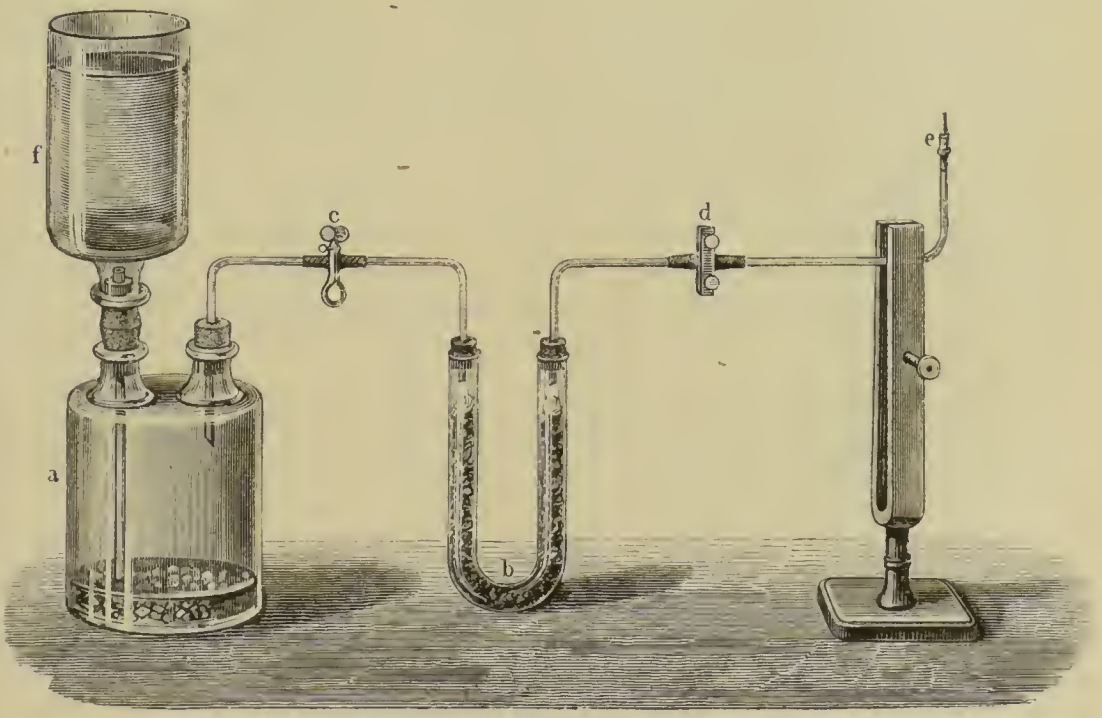
*) Destillirt man eine Masse, welche gleichzeitig Blausäure und Phosphor enthält, so findet sich jene vorzugsweise in dem erst übergehenden, dieser vorzugsweise in den später folgenden Destillaten. Man handelt daher jedenfalls vorsichtig, wenn man die Vorlage, nachdem etwa 15 Cubikcentimeter übergegangen sind, wechselt, um etwa übergegangene Blausäure nicht in zu verdünntem Zustande zu erhalten. — **) Zeitschrift für analyt. Chem. I. S. 336. — ***) Als Entwickelungsflasche dient zweckmässig die Seite 192 oder Seite 386 abgebildete.

dem Wasserbade. Der Versuch ist einige Stunden lang fortzusetzen. Ist freier Phosphor zugegen, so verdampft er in dem Kohlensäurestrom unoxydirt, gelangt in die Silberlösung, und bewirkt dort die Bildung von unlöslichem, schwarzem Phosphorsilber einerseits, die von Phosphorsäure andererseits. Da ein Niederschlag auch bei Abwesenheit von Phosphor (durch flüchtige reducirende Stoffe oder Schwefelwasserstoff) entstehen kann, so gibt das blosse Auftreten eines solchen keinen Beweis ab, während das Nichtauftreten auf die Abwesenheit unoxydirten Phosphors mit Sicherheit schliessen lässt.

Einen etwa entstandenen Niederschlag filtrire man durch ein 321
mit verdünnter Salpetersäure und Wasser wohl ausgewaschenes Filter und wasche ihn mit Wasser aus. Zur Nachweisung darin enthaltenen Phosphorsilbers dient die von Blondlot verbesserte Methode von Dusart*). Statt des am angeführten Orte abgebildeten Apparates haben wir uns des in Fig. 47 dargestellten bedient, den Jeder sich leicht beschaffen kann.

a ist die Wasserstoffentwickelungsflasche, *b* enthält mit concentrirter Kalilauge befeuchtete Bimssteinstücke, *c* ist ein gewöhnlicher,

Fig. 47.



d ein Schraubenquetschhahn, *e* eine Platinspitze, welche mit darum zu bindender befeuchteter Baumwolle abgekühlt wird. Die Platinspitze ist absolut nothwendig, weil man ohne solche keine farblose, sondern eine durch das Natron des Glases gelbe Wasserstoffflamme erhält.

*) Zeitschrift für analyt. Chem. I. 129.

Zunächst muss geprüft werden, ob Zink und Schwefelsäure ein von Phosphorwasserstoff freies Gas liefern. Es geschieht dies, indem man nach hinlänglicher Entwickelung *c* schliesst, bis die Flüssigkeit aus *a* nach *f* gestiegen. Man schraubt *d* fest zu, öffnet *c* und regulirt *d* durch Aufschrauben, so dass man eine passende Flamme erhält. Ist dieselbe, an einem dunkeln Ort betrachtet, farblos, zeigt sich keine Spur eines grünen Kegels in der Mitte der Flamme und keine smaragdgrüne Färbung, wenn man die Flamme in ähnlicher Art wie bei dem Marsh'schen Versuch gegen Porzellan strömen lässt, so ist das Wasserstoffgas rein. Man wiederholt den Versuch zweckmässig noch einmal, spült dann den zu prüfenden Niederschlag mit Wasser in *f*, sorgt, dass er vollständig nach *a* gelangt und stellt dann den Versuch in angegebener Art wiederum an. Enthält der Niederschlag auch nur ein Minimum Phosphorsilber, so wird jetzt der grüne innere Flammenkegel und die smaragdgrüne Färbung deutlich zu bemerken sein.

Die von dem Silberniederschlage abfiltrirte Lösung befreit man durch Salzsäure vom Silberüberschuss, filtrirt durch ein mit Säure und Wasser gut ausgewaschenes Filter, verjagt die freie Salzsäure durch Abdampfen im Wasserbade, nimmt den Rückstand mit etwas Salpetersäure auf und prüft schliesslich mit einer Auflösung von molybdänsaurem Ammon in Salpetersäure oder mit einer Mischung von schwefelsaurer Magnesia, Salmiak und Ammon auf Phosphorsäure.

Wir haben auf diese Weise den Phosphor eines gewöhnlichen Zündhölzchens, nachdem solches mit einer grossen Menge faulen Blutes zusammengebracht war, aufs Allerdeutlichste und auch bei Gegenwart solcher Substanzen nachgewiesen, welche das Leuchten des Phosphors bei der Mitscherlich'schen Methode verhindern.

5. Ist soviel Phosphor zugegen, dass von einer Gewichtsbestimmung desselben die Rede sein kann, so wendet man, um letztere auszuführen, das von Scherer modificirte Mitscherlich'sche Verfahren an, d. h. man destillirt die mit Schwefelsäure angesäuerte Masse in einer Kohlensäure-Atmosphäre. Ich rathe zu dem Ende, den Kochkolben mit einem doppelt durchbohrten Stopfen zu versehen und reines kohlensaures Gas hindurchzuleiten, bis der Apparat gefüllt ist, dann aber den Kohlensäurestrom abzuschliessen. Als Vorlage dient eine Kochflasche mit doppelt durchbohrtem Stopfen. Die eine Oeffnung nimmt das Ende des Kühlrohres, die andere eine gebogene Glasröhre auf, welche zu einer eine Lösung von reinem salpetersaurem Silberoxyd enthaltenden Uförmigen Röhre führt.

Nach beendigter Destillation finden sich in der Vorlage Phosphorkügelchen, welche man, nachdem wieder ein gelinder Kohlensäurestrom hergestellt ist, durch mässiges Erwärmen zu vereinigen sucht, um sie alsdann, ebenso wie bei dem Mitscherlich'schen

Verfahren, zu reinigen und zu wägen. Die von den Phosphorkügelchen abgegossene Flüssigkeit leuchtet beim Schütteln im Dunkeln. Es gehören jedoch etwas grössere Phosphormengen dazu, um das Leuchten auf diese Art deutlich zu sehen, als um es bei dem Mitscherlich'schen Verfahren wahrzunehmen. Den in der Flüssigkeit enthaltenen Phosphor kann man nach Oxydation durch Salpetersäure oder Chlor als Phosphorsäure bestimmen, doch ist das erhaltene Resultat nur zuverlässig, wenn man so vorsichtig gearbeitet hat, dass Theilchen der siedenden (häufig Phosphorsäure enthaltenden) Flüssigkeit nicht überspritzen konnten. — Zur Ergänzung der so erhaltenen Phosphormengen behandelt man schliesslich den Inhalt des Uförmigen Rohres mit Salpetersäure, fällt das Silber mit Salzsäure aus, filtrirt durch ein ausgewaschenes Filter, concentrirt in einer Porzellanschale und fällt die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammonmagnesia, um sie schliesslich als pyrophosphorsaure Magnesia zu wägen.

B. Auffindung von phosphoriger Säure.

Ist es nicht gelungen, Phosphor in Substanz nachzuweisen, so hat 324
man zu versuchen, ob nicht vielleicht dessen erstes Product der Oxydation an der Luft, die phosphorige Säure, noch aufgefunden werden könne. Man bringt zu dem Ende den Destillationsrückstand von (318) oder (323) oder auch den von (320) in den wie in (321) geprüften, in Fig. 47, S. 395 abgebildeten Apparat und beobachtet, ob das entweichende Wasserstoffgas durch seine Färbung (321) einen Phosphorgehalt zu erkennen gibt (Wöhler). Tritt solche ein, so ist der Zweck erreicht, tritt sie nicht ein, so kann die Anwesenheit organischer Stoffe die Veranlassung sein. Im Falle nun die Flamme nicht gefärbt ist, schliesst man den Quetschhahn sogleich wieder ab, fügt eine Uförmige Röhre an, welche eine Lösung von neutralem salpetersaurem Silberoxyd enthält, öffnet den Hahn wieder und lässt das Gas viele Stunden lang in langsamem Strome durch die Silberlösung streichen. War phosphorige Säure vorhanden, so scheidet sich in der Silberlösung ein Phosphorsilber enthaltender Niederschlag ab, der alsdann wie in (321) geprüft wird *).

*) Die Angabe von W. Herapath (Pharm. Journ. and Transact. 1865. VII. p. 573, dass auch Phosphorsäure durch Zink und verdünnte Schwefelsäure reducirt werde, ist durchaus unrichtig, vergl. meine Mittheilungen darüber in der Zeitschrift für analyt. Chem. 6. 203.

3. Untersuchung der anorganischen Bestandtheile von Pflanzen, Thieren oder Theilen derselben, Düngern etc. (Aschenanalyse).

§. 228.

A. Darstellung der Asche.

Zum Zweck einer qualitativen Analyse genügt es, eine kleinere Quan- 38
tität der auf ihre anorganischen Bestandtheile zu untersuchenden, aufs Sorgfältigste gereinigten Substanz einzuäschern. Es geschieht dies am besten in einer kleinen Muffel von Thon, kann aber auch ganz gut in einem schief gestellten hessischen Tiegel, unter Umständen auch in einer kleinen Porzellan- oder Platinschale unter Anwendung eines den Luftzug befördernden weiten Glasrohres (Lampencylinders), ausgeführt werden. Die Hitze muss stets gemässigt sein, damit nicht einzelne Bestandtheile, namentlich Chlormetalle, sich verflüchtigen. Es ist nicht immer nothwendig, das Glühen so lange fortzusetzen, bis alle Kohle verbrannt ist. Bei Aschen, welche viel schmelzbare Salze enthalten, z. B. bei der Asche der Rübenmelasse, ist es vielmehr besser, nach dem vollständigen Verkohlen die Masse mit Wasser auszukochen und den ausgewaschenen und getrockneten Rückstand weiter einzuäschern. — Ausführlich ist dieser Gegenstand besprochen in meiner Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, fünfte Auflage §. 256.

B. Untersuchung der Asche.

Da qualitative Aschenanalysen entweder zur Uebung, oder aber zur 39
Feststellung des allgemeinen Charakters einer Asche, sowie zur Ermittelung des Zustandes, in welchem diese oder jene Bestandtheile sich befinden, wohl auch zur annähernden Bestimmung ihrer Quantität — so weit dies durch Schätzung geschehen kann — ausgeführt werden, so ist es in der Regel am besten, den in Wasser und den nur in Salzsäure löslichen Antheil, sowie einen in beiden unlöslichen Rückstand gesondert zu untersuchen. Es kann dies auch um so eher geschehen, als sich die qualitative Analyse dieser einzelnen Abtheilungen rasch ausführen lässt, indem der Kreis der Körper klein ist, auf welche sich die Untersuchung zu erstrecken hat.

a. *Untersuchung des in Wasser löslichen Antheils.*

Man kocht die Asche mit Wasser aus, filtrirt und prüft, während man den Rückstand auswäscht, die Lösung also:

1. Man fügt zu einer Probe, nachdem man sie erhitzt hat, Salzsäure im 39
Ueberschuss, erwärmt und lässt stehen. — Aufbrausen zeigt Koh-

lensäure, an Alkalien gebunden; Geruch nach Schwefelwasserstoff gibt ein Schwefelalkalimetall zu erkennen, entstanden aus einem schwefelsauren Alkali durch die reducirende Wirkung der Kohle. — Trübung durch Schwefelabscheidung und Geruch nach schwefliger Säure deuten auf ein unterschwefligsaures Salz (kommt bei Steinkohlenasche zuweilen vor). — Man fügt der, nöthigenfalls filtrirten, Flüssigkeit etwas Chlorbaryum zu; weisser Niederschlag: Schwefelsäure.

2. Man dampft eine Portion auf ein geringes Volumen ein, fügt Salzsäure zu bis eben sauer (Aufbrausen: Kohlensäure), prüft einige Tropfen mittelst Curcumapapiers auf Borsäure (§. 144. 6), verdampft weiter zur Trockne und nimmt den Rückstand mit Salzsäure und Wasser auf; Rückstand: Kieselsäure. Man filtrirt ab, fügt Ammon, Salmiak und schwefelsaure Magnesia zu; weisser Niederschlag: Phosphorsäure. Statt dieser Reaction kann man auch die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit mit essigsaurem Natron versetzen und dann vorsichtig Eisenchlorid zutröpfeln, oder auch die Prüfung mit der salpetersauren Lösung von molybdänsaurem Ammon vornehmen (§. 142), nachdem man die Probe mit überschüssiger Salpetersäure im Wasserbade zur Trockne verdampft und den Rückstand mit Salpetersäure behandelt hat. 328

3. Man fügt zu einer Probe salpetersaures Silberoxyd, so lange noch ein Niederschlag entsteht, erwärmt gelinde und fügt dann vorsichtig Ammon zu; bleibt ein schwarzer Rückstand, so ist dieser Schwefelsilber (von einem Schwefelalkalimetall oder einem unterschwefligsauren Salze herrührend); man versetzt nun die ammoniakalische, nöthigenfalls filtrirte Lösung mit Salpetersäure in einigem Ueberschuss, so dass sich erst gefälltes phosphorsaures Silberoxyd wieder löst und nur das Chlor- (Jod-*) und Brom-) Silber zurückbleibt. Man filtrirt den nach (178) näher zu prüfenden Niederschlag ab und neutralisirt das Filtrat vorsichtig und genau mit Ammon. Entsteht hierdurch ein hellgelber Niederschlag, so ist in (328) gefundene Phosphorsäure als dreibasische, entsteht ein weisser, als zweibasische vorhanden. 329

4. Man versetzt eine Portion, nachdem man sie mit Salzsäure erhitzt und mit Ammon wieder alkalisch gemacht hat, mit oxalsaurem Ammon und lässt stehen; weisser Niederschlag: Kalk. Man filtrirt und versetzt das Filtrat mit Ammon und phosphorsaurem Natron; krystallinischer Niederschlag, oft erst nach längerem Stehen wahrnehmbar: Magnesia. (Magnesia findet sich oft in deutlich nachweisbarer, 330

*) Um das Jod in Wasserpflanzen nachzuweisen, taucht man dieselben in schwache Kalilauge (Chatin), trocknet sie, äschert sie ein und prüft die wässerige Lösung, wie (258) angegeben.

Kalk nur in höchst geringer Menge, auch dann, wenn kohlensaure und phosphorsaure Alkalien zugegen sind.)

5. Auf Kali und Natron prüft man nach §. 197. Ist Magnesia zugegen, so neutralisirt man die zur Nachweisung der Alkalien bestimmte Probe des Filtrates mit Salzsäure und entfernt dann zunächst die Magnesia nach §. 196. 2.

6. Lithion, welches in Aschen viel öfter angetroffen wird, als man bisher glaubte, und Rubidiumoxyd, einen fast constanten Begleiter des Kalis, findet man in dem aus Alkalisalzen bestehenden Rückstande am leichtesten durch Spectralanalyse (§. 93).

b. *Untersuchung des in Salzsäure löslichen Antheils.*

Die mit Wasser erschöpfte Substanz erwärmt man (wenn sie noch viel Kohle enthielt, nach weiterem Einäschern) mit Salzsäure (Aufbrausen: Kohlensäure, an alkalische Erden gebunden; Chlorentwickelung: Manganoxyde), verdampft das Ganze unter Zusatz einiger Tropfen Schwefelsäure zur Trockne, erhitzt etwas stärker, um die Kieselsäure abzuscheiden, befeuchtet den Rückstand mit Salzsäure und etwas Salpetersäure, setzt Wasser zu, erwärmt und filtrirt von dem unlöslichen Rückstande ab, welcher nach (255) noch auf Baryt und Strontian zu prüfen ist.

1. Man prüft einen Theil der Lösung mit Schwefelwasserstoff. Entsteht hierdurch ein anderer als rein weisser Niederschlag, so ist derselbe nach dem gewöhnlichen Gange der Analyse zu prüfen. (Die Pflanzenaschen enthalten zuweilen Kupfer; wenn die Gewächse mit durch salpetersaures Bleioxyd geruchlos gemachten Excrementen gedüngt werden: Blei etc.)

2. Man versetzt einen Theil der ursprünglichen Lösung mit kohlensaurem Natron, so lange sich der entstehende Niederschlag beim Umrühren wieder löst, dann mit essigsaurem Natron und etwas Essigsäure. Hierdurch entsteht in den meisten Fällen ein weisser Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd, dem unter Umständen etwas phosphorsaure Thonerde beigemengt sein kann. Man filtrirt ihn ab, wäscht ihn aus, erhitzt ihn mit reiner Kalilauge, filtrirt und prüft das Filtrat durch Ansäuern mit Salzsäure und Erwärmen mit Ammon auf Thonerde. Ist die von dem (nur oder der Hauptsache nach aus phosphorsaurem Eisenoxyd bestehenden) Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit röthlich, so ist mehr Eisenoxyd vorhanden, als der Phosphorsäure entspricht; ist sie farblos, so fügt man tropfenweise Eisenchlorid zu, bis die Flüssigkeit röthlich erscheint. (Die Menge des so entstehenden Niederschlages von phosphorsaurem Eisenoxyd gestattet eine Schätzung der vorhandenen Phosphorsäure.) Man erhitzt zum Kochen (sollte hierdurch die

Flüssigkeit nicht farblos werden, so müsste noch etwas essigsaures Natron zugefügt werden), filtrirt heiss ab, versetzt das Filtrat, nachdem man es mit Ammon eben neutralisirt hat (ein Ueberschuss ist zu vermeiden), mit Schwefelammonium in einem zu verschliessenden fast ganz angefüllten Kolben, filtrirt einen nach längerem Stehen etwa entstandenen Niederschlag ab, prüft ihn nach (141) auf Mangan und Zink (welches letztere sich ausnahmsweise findet), die von demselben abfiltrirte Flüssigkeit aber, wie üblich, auf Kalk (dem noch etwas Strontian beigemischt sein kann und welcher daher nach Seite 120 darauf zu prüfen ist) und Magnesia (330).

3. Den Rest der mit Wasser erschöpften Asche prüft man auf Fluor nach §. 146. 6.

c. *Untersuchung des in Salzsäure unlöslichen Rückstandes.*

Der in Salzsäure unlösliche Rückstand enthält:

1. Die bei der Behandlung mit Salzsäure abgeschiedene Kieselsäure; 333
2. die an und für sich in Salzsäure unlöslichen Bestandtheile der Asche. Diese sind bei den meisten Aschen: Sand, Thon, Kohle; somit Substanzen, welche in Folge mangelhafter Reinigung oder Verbrennung der Pflanzen zugegen sind, oder vom Tiegel herrühren. Nur bei den sehr kieselsäurereichen Aschen der Getreidehalme etc. kommt es vor, dass ein Theil der eigentlichen Asche durch Salzsäure nicht völlig zersetzt wird.

Man kocht zunächst den ausgewaschenen Rückstand mit überschüs- 334
siger kohlensaurer Natronlösung, filtrirt heiss, wäscht mit siedendem Wasser aus und weist im Filtrat die Kieselsäure durch Abdampfen mit Salzsäure nach (§. 150. 2). War nun die Asche eine solche, welche durch Salzsäure zerlegt wurde, so kann man in der Regel die Untersuchung als beendigt betrachten (denn nur selten wird es von Interesse sein, die zufälligen Beimischungen von Thon und Sand durch Aufschliessen genauer zu untersuchen); war aber die Asche eine sehr kieselsäurereiche, von der zu vermuthen ist, dass sie durch Salzsäure nicht ganz zersetzt wurde, so dampft man den in kohlensaurer Natronlösung unlöslichen Rückstand zur Hälfte mit überschüssiger reiner Natronlauge in einer Silber- oder Platinschale zur Trockne ein. Hierdurch werden die Silicate der Asche zersetzt, etwaiger Sand aber nur wenig angegriffen. Man säuert nun mit Salzsäure an, verdampft zur Trockne und verfährt überhaupt genau nach (331), zur Auffindung der Alkalien aber benutzt man die andere Hälfte des Rückstandes und verfährt damit nach (228).

Dritter Abschnitt.

Erklärung des praktischen Verfahrens, Zusätze und Bemerkungen zu demselben.

I. Bemerkungen zur einleitenden Prüfung.

Zu §§. 175 — 178.

Aus der Betrachtung der physikalischen Eigenschaften eines Körpers, besonders wenn er kein Gemenge ist, lässt sich, wie oben bemerkt, in vielen Fällen ein gewisser Schluss auf seine Natur im Allgemeinen machen. Hat man z. B. einen weissen Körper, so schliesst man, es sei kein Zinnober; hat man einen sehr leichten, so vermuthet man, es sei keine Bleiverbindung u. s. w. — Solche Schlüsse führen häufig schneller zum Ziele und sind daher zulässig und räthlich, so lange sie in ihrer Allgemeinheit bleiben. Treten sie aber aus dieser heraus, so wird daraus leicht ein Rathen, es entstehen vorgefasste Meinungen, welche fast immer, indem sie für alle eintretenden widersprechenden Reactionen blind machen, zu falschen Resultaten führen.

Um das Verhalten einer Substanz in höherer Temperatur zu prüfen, kann man sich auch wohl kleiner Löffel von Eisen oder des Platinbleches bedienen, doch liefert der Versuch in der Glasröhre meist ein anschaulicheres Resultat und lässt flüchtige Körper weniger leicht übersehen, auch ihrer Natur nach besser beurtheilen. Zuweilen ist es auch zweckmässig, eine Probe des Körpers in einer schief gehaltenen kurzen, oben und unten offenen Glasröhre zu erhitzen, um seine etwaigen Oxydationsproducte kennen zu lernen; so entdeckt man z. B. auf diesem Wege leicht kleine Mengen eines Schwefelmetalles (§. 156. 6).

Hinsichtlich der einleitenden Prüfung mit dem Löthrohre ist als wohl zu beachtend hinzuzufügen, dass der Anfänger, so lange ihm die bei Löthrohrversuchen so unentbehrliche Uebung und der dadurch sich

bildende richtige Blick fehlt, aus den pyrochemischen Versuchen nicht zu viel schliesse. Es geschieht gar leicht, dass, wenn man an einem schwachen Beschlage mit Bestimmtheit ein Metall erkennen will, oder wenn man sich durch nicht eintretende Reduction, nicht erfolgende Färbung mit Kobaltsolution u. s. w. für überzeugt hält, dieser oder jener Körper könne nicht zugegen sein, Irrungen und Uebersehen einzelner Bestandtheile die Folge sind, indem zwar die Erscheinungen meist untrüglich, ihre Hervorrufung aber nicht immer leicht ist, auch zufällige Umstände die Reactionen modificiren.

Endlich ist noch als eine Erfahrungssache zu erwähnen, dass viele Anfänger, in der Meinung, sie würden durch die eigentliche Untersuchung die Natur der Substanz schon zu ermitteln wissen, die einleitende Prüfung zur Ersparung von Zeit und Mühe ganz vernachlässigen. Anstatt die Unklugheit dieser Ansicht nachzuweisen, bemerke ich nur beispielsweise, dass man in solcher Meinung Befangene stundenlang nach allen organischen Säuren suchen sieht, bis sie endlich finden, dass gar keine zugegen ist. Alles bloss, um Zeit und Mühe zu ersparen!

II. Bemerkungen zur Auflösung der Körper u. s. w.

Zu §§. 179 — 181.

Wenn man die Charakteristik der im §. 179 aufgestellten Classen, in welche wir die Körper, mit Ausnahme der regulinischen Metalle, nach ihrem Verhalten zu gewissen Lösungsmitteln bringen, betrachtet, so scheinen sie schärfer begrenzt, als sie in Wirklichkeit sind. Diese Unbestimmtheit rührt von den auf der Grenze stehenden, von den schwer löslichen Körpern her und gibt dem Anfänger oft zu Irrungen Veranlassung. Es soll daher über diese Eintheilung im Allgemeinen Einiges hinzugefügt werden.

Am schwierigsten ist es, genau festzustellen, welche Körper man als in Wasser lösliche, welche als unlösliche zu betrachten habe, da die Zahl der in Wasser schwer löslichen besonders gross und die Uebergänge sehr allmählich sind. Der schwefelsaure Kalk, in 430 Theilen löslich, könnte vielleicht als Grenze dienen, da er in wässeriger Lösung durch die scharfen Reagentien, welche wir für Kalk und Schwefelsäure besitzen, noch mit grosser Sicherheit erkannt werden kann.

Prüft man eine wässerige Flüssigkeit durch Abdampfen einiger Tropfen auf Platinblech, ob sie einen festen Körper aufgelöst enthält, so bleibt oft ein ganz unbedeutender Rückstand, der über den zu ziehenden Schluss in Zweifel lässt. In diesem Falle prüft man erstens die Reaction der Flüssigkeit mit Lackmuspapieren, zweitens setzt man zu einem Theilchen derselben einen Tropfen Chlorbaryumlösung und endlich zu einem anderen etwas kohlensaures Natron. Entsteht durch die Reagentien keine

Veränderung, und ist die Flüssigkeit zugleich neutral, so hat man in der Regel nicht nöthig, dieselbe auf Basen oder Säuren weiter zu untersuchen. Man kann überzeugt sein, dass der Körper, von welchem der beim Verdampfen bleibende Rückstand herrührte, besser bei den in Wasser unlöslichen aufzufinden sei, da sowohl die Säuren als die Basen, welche vorzugsweise schwer lösliche Verbindungen bilden, durch die angewendeten Reagentien mit Empfindlichkeit angezeigt werden.

Hat Wasser irgend etwas aufgelöst, so thut man am besten, diese Lösung in Bezug auf Basen und Säuren für sich zu untersuchen, da ein solches Verfahren leichter die Natur der vorhandenen Verbindungen erkennen lässt und grössere Sicherheit gewährt; zwei Vorzüge, die leicht die Unannehmlichkeit, in wässeriger und saurer Lösung zuweilen auf denselben Stoff zu stossen, aufwiegen.

In Wasser unlöslich, aber in Salzsäure oder Salpetersäure löslich sind, freilich mit Ausnahmen, die phosphorsauren, arseniksauren, arsenigsauren, borsauren, kohlensauren und oxalsauren Erd- und Metallsalze; ferner verschiedene weinsteinsaure, citronensaure, äpfelsaure, benzoësaure und bernsteinsaure Salze, die Oxyde und Schwefelverbindungen der schweren Metalle, Thonerde, Magnesia, viele Jod- und Cyanmetalle u. s. w. Diese Verbindungen werden nun zwar fast alle, wenn nicht durch verdünnte, doch durch concentrirte kochende Salzsäure zersetzt (die Ausnahmen siehe §. 203), jedoch entstehen dadurch bei Anwesenheit von Silberoxyd unlösliche, bei Gegenwart von Quecksilberoxydul und Blei aber schwer lösliche Producte. Bei Anwendung von Salpetersäure findet dies nicht Statt, daher man oft mit dieser eine vollständige Auflösung erhält, wenn Salzsäure einen Rückstand lässt. Salpetersäure lässt dagegen, ausser den in einfachen Säuren überhaupt unlöslichen Körpern, Antimonoxyd, Zinnoxyd, Bleisuperoxyd etc. zurück und löst manche andere, z. B. Eisenoxyd und Thonerde, weniger leicht als Salzsäure.

In Wasser nicht lösliche Substanzen behandelt man somit, kurz ausgedrückt, also: Man sucht sie in verdünnter oder concentrirter kalter oder kochender Salzsäure zu lösen; gelingt dies nicht oder nicht vollständig, so versucht man die Lösung einer anderen Portion mit Salpetersäure zu bewirken; gelingt dies auch nicht, so behandelt man den Körper mit Königswasser, welches namentlich für Schwefelmetalle ein sehr zweckmässiges Lösungsmittel abgibt. — Die Untersuchung der salzsauren oder salpetersauren Lösung einerseits und der in Königswasser andererseits gesondert vorzunehmen, ist in den meisten Fällen weder nothwendig noch auch zweckmässig. Eine salpetersaure oder Königswasserlösung darzustellen, wenn die Natur der Substanz nicht dazu nöthigt, ist unzweckmässig, da sich eine salzsaure Lösung zur Fällung mit Schwefelwasserstoff ungleich besser eignet. — Eine Königswasserlösung durch Eindampfen zu concentriren, um den Ueberschuss der Säuren zu verjagen, ist insofern bedenklich, als dabei flüchtige Chlormetalle, namentlich Chlorarsen, sich verflüchtigen können. Man wende daher von vornherein

zur Auflösung keine grössere Menge der Säuremischung an, als eben erforderlich. — Mit Salzsäure bereitete Lösungen enthalten Metalloxyde in der Regel in dem Oxydationszustande, in welchem sie ursprünglich vorhanden waren (eine Ausnahme macht Quecksilberoxydul, weil Quecksilberchlorür andauernd mit Salzsäure gekocht, allmählich in Metall und Chlorid zerfällt); stellt man aber Lösungen mit Salpetersäure oder Königswasser dar, so gehen dabei oft niedere Oxyde in höhere über, z. B. Eisenoxydul, Zinnoxydul, arsenige Säure in Eisenoxyd, Zinnoxyd, Arsensäure etc., was man nie ausser Acht lassen darf.

In Bezug auf die Auflösung regulinischer Metalle und Legirungen ist zu bemerken, dass sich beim Kochen derselben mit Salpetersäure häufig weisse Niederschläge bilden, auch wenn kein Zinn und Antimon zugegen ist. Diese Niederschläge werden von Anfängern öfters mit den Oxyden der eben genannten Metalle verwechselt, obgleich sie ein ganz anderes Ansehen haben. Es sind salpetersaure Salze, welche in der vorhandenen Salpetersäure schwer löslich, in Wasser hingegen leicht löslich sind. Bevor man also aus einem ungelösten weissen Rückstande auf Zinn oder Antimon schliesst, ist wohl zu prüfen, ob sich derselbe nicht in Wasser löst.

III. Bemerkungen zur eigentlichen Untersuchung.

Zu §§. 182 — 204.

A. Allgemeine Uebersicht und Erklärung des analytischen Ganges.

a. Auffindung der Basen.

Wir haben oben in dem dritten Abschnitte der ersten Abtheilung, welcher von dem Verhalten der Körper zu Reagentien handelt, die Basen in sechs Gruppen getheilt und an den betreffenden Stellen bereits angeführt, wie man die in diese Gruppen gehörenden Basen von einander trennt oder neben einander erkennt. Diese Gruppen sind im Allgemeinen dieselben, in welche wir die Basen bei dem Gange der Analyse scheiden. Auf dieser Trennung in Gruppen und auf der Einzelerkennung der gruppenweise geschiedenen Metalle beruht der §. 189 — 198 auseinandergesetzte Gang der Analyse zur Untersuchung der Verbindungen, in welchen sämmtliche hier überhaupt in Betracht kommende Basen vorausgesetzt werden. — Es wurde daselbst lediglich darauf Rücksicht genommen, eine praktische Anleitung zu geben, wie man zu verfahren habe, wenn man wirklich analysiren will. Da dieses Zweckes halber Vieles aufgenommen werden musste, was zum rein theoretischen Verständnisse nicht nothwendig und zur schnellen Uebersicht eher hinderlich ist, und da Ver-

ständniss und Uebersicht als die unerlässlichsten Bedingungen zu erfolgreicher Arbeit erscheinen, so soll hier kurz der Schlüssel zu obigem Verfahren, was die Scheidung in Gruppen betrifft, gegeben werden. In Bezug auf die Einzelerkennung der Basen verweise ich auf das §§. 88 bis 135 in den Zusätzen und Bemerkungen Gesagte.

Die allgemeinen Reagentien, deren wir uns im Gange der Analyse zur Trennung der Basen in Hauptgruppen bedienen, sind: Salzsäure, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und kohlensaures Ammon. Die Reihenfolge, in welcher sie angewendet werden, ist dieselbe, in der sie eben aufgezählt worden sind. Das Schwefelammonium spielt eine doppelte Rolle.

Nehmen wir an, wir hätten sämmtliche Basen, arsenige und Arsensäure und endlich phosphorsauren Kalk (der uns als Typus der in Säuren löslichen, durch Ammon unverändert abgeschieden werdenden Salze der alkalischen Erden dienen mag), d. h. alle Körper, welche wir oben bei dem Gange zur Auffindung der Basen berücksichtigt haben, gleichzeitig in Auflösung.

Chlor bildet nur mit Silber und Quecksilber unlösliche Verbindungen. Chlorblei ist in Wasser schwer löslich. Das unlösliche Chlorquecksilber entspricht dem Quecksilberoxydul. Setzen wir daher zu unserer Auflösung:

I. *Salzsäure,*

so entfernen wir aus der Lösung die Metalloxyde der ersten Abtheilung der fünften Gruppe, namentlich alles Silberoxyd und alles Quecksilberoxydul. Je nach der Concentration der Lösung fällt vielleicht auch ein Theil des Bleies als Chlorblei nieder. Das letztere ist an und für sich unwesentlich, da jedenfalls eine zur Erkennung des Bleies genügende Menge in Lösung bleibt.

Schwefelwasserstoff schlägt aus einer Lösung, welche eine freie Mineralsäure enthält, die Oxyde der fünften und sechsten Gruppe vollständig nieder, da die Verwandtschaft der metallischen Radicale der genannten Oxyde zum Schwefel nebst der des Wasserstoffs zum Sauerstoff so gross ist, dass sie die zwischen Metall und Sauerstoff, sammt der zwischen dem Oxyde und einer starken Säure bestehenden, überwindet, auch wenn die Säure im Ueberschuss vorhanden ist. — Alle anderen Basen aber werden unter den angegebenen Umständen nicht gefällt, und zwar die der ersten und zweiten Gruppe (abgesehen davon, dass deren Schwefelmetalle in sauren Lösungen nie entstehen können) schon aus dem Grunde nicht, weil ihre Schwefelverbindungen in Wasser löslich sind, — die der dritten Gruppe nicht, weil Schwefelaluminium und Schwefelchrom auf nassem Wege sich überhaupt gar nicht bilden kön-

nen, und die der vierten Gruppe nicht, weil die Verwandtschaft der metallischen Radicale derselben zum Schwefel, sammt der des Sauerstoffs zum Wasserstoff nicht gross genug ist, die des Metalls zum Sauerstoff und des Oxyds zu einer starken Säure zu überwinden, wenn die letztere im Ueberschuss vorhanden ist.

Setzen wir daher zu unserer Lösung, aus welcher wir mit Salzsäure Silberoxyd und Quecksilberoxydul bereits vollständig entfernt haben, und in welcher sich noch Salzsäure im freien Zustande befindet:

2. *Schwefelwasserstoff*,

so entfernen wir aus derselben den Rest der Oxyde der fünften und die Oxyde der sechsten Gruppe, also: Blei-, Quecksilber-, Kupfer-, Wismuth-, Cadmiumoxyd, sowie Gold- und Platinoxyd, Zinnoxydul, Zinn- und Antimonoxyd, arsenige Säure und Arsensäure. Alle übrigen Oxyde bleiben in Lösung, und zwar entweder unverändert, oder auf eine niedere Oxydationsstufe zurückgeführt, wie z. B. Eisenoxyd, Chromsäure u. s. w.

Die den Oxyden der sechsten Gruppe entsprechenden Schwefelverbindungen haben, wenigstens was die höheren Schwefelungsstufen betrifft, die Eigenschaft, sich mit basischen Schwefelmetallen (den Schwefelverbindungen der Alkalimetalle) zu in Wasser löslichen Schwefelsalzen zu verbinden; die den Oxyden der fünften Gruppe entsprechenden Schwefelverbindungen haben diese Eigenschaft nicht oder nur in beschränkterem Maasse (Quecksilbersulfid verbindet sich mit Schwefelkalium und Schwefelnatrium, aber so gut wie nicht mit Schwefelammonium; Schwefelkupfer löst sich ein wenig in Schwefelammonium, aber nicht in Schwefelkalium oder Schwefelnatrium). — Behandeln wir daher die sämmtlichen durch Schwefelwasserstoff aus saurer Lösung gefällten Schwefelmetalle

3. *mit Schwefelammonium* (beziehungsweise *Schwefelnatrium*),

nöthigenfalls unter Zusatz von etwas Schwefel oder gelbem Schwefelammonium, so bleiben Quecksilber-, Blei-, Kupfer-, Wismuth- und Cadmiumsulfid ungelöst, die übrigen Sulfide lösen sich als Schwefelgold-, Schwefelplatin-, Schwefelantimon-, Schwefelzinn-, Schwefelarsen-Schwefelammonium (oder Schwefelnatrium) auf und werden aus dieser Lösung durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure entweder unverändert oder als höhere Schwefelungsstufen (sie nehmen vom gelben Schwefelammonium Schwefel auf) gefällt. Die Säure zersetzt nämlich das gebildete Sulfosalz. Die Sulfobase (Schwefelammonium oder Schwefelnatrium) wird durch die Salzsäure in Chlormetall und Schwefelwasserstoff zerlegt, die frei gewordene Sulfosäure aber fällt nieder. Zugleich wird Schwefel abgeschieden, sofern das Schwefelammonium einen Ueberschuss desselben enthält. Er macht die Farbe

der gefällten Schwefelmetalle heller, was bei ihrer Beurtheilung zu berücksichtigen ist.

Die den noch in Lösung befindlichen Oxyden entspreehenden Schwefelmetalle sind theils — wie die der Alkalien und alkalischen Erden — in Wasser löslich, theils — wie die der Thonerde und des Chromoxyds — durch Wasser in Oxydhydrate und Schwefelwasserstoff zersetzbar, theils — wie die der vierten Gruppe — in Wasser unlöslich. Die letztgenannten würden daher niedergeschlagen worden sein, hätte es die freie Säure nicht verhindert. Nehmen wir daher diese Bedingung des Nichtgefälltwerdens, die freie Säure, weg, machen wir also die Lösung alkalisch und fügen erforderlichen Falles noch mehr Schwefelwasserstoff hinzu, oder setzen wir

4. *Schwefelammonium*,

welches beides in sich vereinigt, zur Lösung (nachdem man, um unnöthige Schwefelwasserstoffentwiekelung zu vermeiden, die freie Säure durch Ammon abgestumpft, auch nöthigenfalls, um die Fällung der Magnesia durch Ammon sicher zu hindern, noch Chlorammonium zugefügt hat), so fallen die den Oxyden der vierten Gruppe entspreehenden Schwefelmetalle, also Schwefeleisen, Schwefelmangan, Schwefelkobalt, Schwefelnickel und Schwefelzink nieder. Mit ihnen aber werden Thonerdehydrat, Chromoxydhydrat und phosphorsaurer Kalk niedergeschlagen, und zwar deswegen, weil die Verwandtschaft des Ammoniumoxyds zu der Säure des Chromoxyd- oder Thonerdesalzes oder zu der, welche die Bedingung des Gelöstseins beim phosphorsauren Kalk ist, eine Wasserzersetzung veranlasst, in Folge welcher sich eben aus Schwefelammonium und Wasser Ammoniumoxyd und Schwefelwasserstoff bilden. Ersteres verbindet sich mit der Säure, — der Schwefelwasserstoff, unfähig, sich mit den ihrer Säure beraubten Oxyden oder mit dem phosphorsauren Kalke zu verbinden, entweicht, — die Oxydhydrate und das Kalksalz fallen nieder.

In Lösung sind uns jetzt nur noch die alkalischen Erden und die Alkalien geblieben. — Die neutralen kohlensauren Verbindungen der ersteren sind in Wasser so gut als unlöslich, die der letzteren löslich. Setzen wir daher

5. *kohlensaures Ammon*

zu, nebst etwas reinem Ammon, um der Bildung saurer kohlensaurer Salze sicher vorzubeugen, so müssten die alkalischen Erden sämmtlich niedergeschlagen werden. Es ist dies jedoch nur in Bezug auf Baryt, Strontian und Kalk wahr*); von der Magnesia wissen wir, dass sie

*) Dass auch von diesen Basen Spuren in Lösung bleiben, theils weil die kohlensauren Salze an und für sich nicht absolut unlöslich in Wasser sind, theils und haupt-

wegen ihrer Neigung, mit Ammonsalzen Doppelverbindungen zu bilden, nur theilweise und bei Anwesenheit eines anderweitigen Ammonsalzes gar nicht, wenigstens nie in kürzerer Frist, niedergeschlagen wird. Um diese Unsicherheit ganz zu vermeiden, setzt man daher vor dem Zusatz des kohlensauren Ammons Salmiak zu, wenn solcher noch nicht in genügender Menge zugegen ist, und filtrirt nach kurzer Einwirkung ab, damit die Fällung der Magnesia ganz und gar verhindert werde.

In Lösung haben wir jetzt noch Magnesia und die Alkalien. Von der Anwesenheit der ersteren überzeugen wir uns durch phosphorsaures Natron und Ammon; die Abscheidung derselben nehmen wir jedoch auf andere Weise vor, um keine Phosphorsäure, welche die weitere Analyse erschweren würde, ins Spiel zu bekommen. Man gründet sie darauf, dass die Magnesia in reinem Zustande unlöslich ist. Man glüht nämlich, um die Ammonsalze zu verjagen, und schlägt die Magnesia mit Barythydrat nieder, wobei die Alkalien nebst dem gebildeten Barytsalze und dem überschüssig zugesetzten Aetzbaryt in Lösung bleiben. Durch Zusatz von kohlensaurem Ammon werden die Barytverbindungen entfernt und die fixen Alkalien alsdann nebst dem gebildeten und dem im Ueberschuss zugesetzten Ammonsalz in Lösung erhalten. Entfernt man diese durch Glühen, so erhält man jene allein. — Da aber der kohlensaure Baryt in Ammonsalzen nicht ganz unlöslich ist und, mit Chlorammonium verdampft, kohlensaures Ammon und Chlorbaryum liefert, so muss man in der Regel, nach Entfernung der Ammonsalze durch Glühen, nochmals mit ein wenig kohlensaurem Ammon unter Zusatz von ein paar Tropfen oxalsaurem Ammon fällen, um eine von Baryt völlig freie Lösung zu erhalten.

Zur Aufsuchung des Ammons endlich muss, wie sich von selbst versteht, eine neue Probe genommen werden.

b. Auffindung der Säuren.

Bevor man zur Untersuchung der Säuren und Halogene übergeht, beachtet man, welche überhaupt, je nach den gefundenen Basen und der Classe, in welche der Körper nach seiner Löslichkeit gehört, vorhanden sein können, damit man nicht unnöthige Versuche mache. Die im Anhange IV. zugefügte Tabelle wird dem Anfänger dabei von Nutzen sein.

Die allgemeinen Reagentien, welche wir zur Auffindung der Säuren gebrauchen, sind, wie sich aus dem Früheren ergibt, bei den anorgani-

---

sächlich, weil sie in Salmiaksolution sich merklicher lösen, ist bereits in §. 99 auseinander gesetzt. Dieses Verhalten bedingt die in (164) vorgeschriebene Prüfung der Flüssigkeit, welche von dem durch kohlensaures Ammon hervorgebrachten Niederschlag abfiltrirt worden ist, mit schwefelsaurem und oxalsaurem Ammon. In der im Text gegebenen allgemeinen Erklärung des Ganges habe ich die in die Lösung übergehenden Spuren von Baryt, Strontian und Kalk ausser Acht gelassen.

schen Säuren Chlorbaryum und salpetersaures Silberoxyd, bei den organischen Chlorcalcium und Eisenchlorid. Vor Allem muss man sich daher überzeugt haben, ob man bloss mit anorganischen Säuren zu thun hat, oder ob auch auf organische Rücksicht zu nehmen ist. — Letzteres aber ist stets der Fall, wenn sich der Körper beim Glühen durch Kohleabscheidung schwärzt. — Bei der Untersuchung auf Basen dienen uns die allgemeinen Reagentien dazu, die verschiedenen Gruppen der Basen wirklich zu trennen; bei den Säuren bedienen wir uns derselben der Hauptsache nach in anderer Art, nämlich nur, um uns von der Abwesenheit oder Anwesenheit der in die verschiedenen Gruppen gehörenden Säuren zu überzeugen.

Nehmen wir, wie wir es eben bei den Basen gethan haben, auch hier an, wir hätten eine wässerige Lösung, in der alle Säuren, welche überhaupt in den obigen Gang aufgenommen sind, etwa an Natron gebunden, zugegen wären.

Baryt bildet mit Schwefelsäure, Phosphorsäure, mit arseniger Säure, Arsensäure, mit Kohlensäure, Kieselsäure, Borsäure, Chromsäure und Oxalsäure, Weinsäure und Citronensäure unlösliche oder schwer lösliche Verbindungen, auch das Fluorbaryum ist unlöslich oder wenigstens schwer löslich; alle diese Verbindungen lösen sich mit Ausnahme des schwefelsauren Baryts in Salzsäure. Setzen wir daher zu einem Theilchen unserer neutralen oder nöthigenfalls neutral gemachten Auflösung

1. *Chlorbaryum*,

so erfahren wir sogleich allgemeinhin, dass wenigstens eine von den oben angeführten Säuren zugegen ist. Fügen wir zu dem entstandenen Niederschlage Salzsäure, so gibt sich die Anwesenheit der Schwefelsäure zu erkennen, indem ja die anderen Barytsalze sämmtlich gelöst werden, während der schwefelsaure Baryt ungelöst bleibt. — Bei seiner Anwesenheit lässt sich nur die Gegenwart eines Theils der übrigen eben genannten Säuren durch die Reaction mit Chlorbaryum mit Sicherheit erkennen. Denn wenn man die salzsaure Auflösung der Niederschläge abfiltrirt und mit Ammon übersättigt, so wird z. B. der borsaure, der weinsteinsaure, citronensaure u. s. w. Baryt nicht immer wieder niederfallen, weil diese Niederschläge vom gebildeten Salmiak in Auflösung gehalten werden. Aus diesem Grunde kann Chlorbaryum nicht zur wirklichen Abscheidung der sämmtlichen genannten Säuren dienen, und wir legen daher darauf, was die Einzelerkennung der Säuren, mit Ausnahme der Schwefelsäure, anbetrifft, kein weiteres Gewicht. Von grosser Bedeutung ist es uns aber deswegen, weil durch nicht entstehende Fällung in neutraler oder alkalischer Lösung ein so grosser Theil der Säuren alsbald ausgeschlossen wird.

Silber bildet mit Schwefel, Chlor, Jod, Brom, Cyan, Ferrocyan und Ferridcyan, — Silberoxyd mit Phosphorsäure, arseniger Säure, Arsen-

säure, Borsäure, Chromsäure, Kieselsäure, Oxalsäure, Weinsteinsäure und Citronensäure in Wasser unlösliche oder schwer lösliche Verbindungen. Dieselben sind mit Ausnahme des Chlor-, Jod-, Brom-, Cyan-, Ferrocyan-, Ferridcyan- und Schwefelsilbers in verdünnter Salpetersäure löslich. Setzen wir daher zu unserer Auflösung, welche aus dem eben angeführten Grunde ganz neutral sein oder gemacht werden muss:

2. *salpetersaures Silberoxyd*,

so gibt sich uns die Anwesenheit einer oder mehrerer der genannten Säuren alsbald kund, und zwar, was die meisten anbetrifft, nur allgemeinhin. Chromsäure, Arsensäure und andere, deren Silbersalze gefärbt sind, können jedoch mit ziemlicher Sicherheit schon aus der Farbe des Niederschlages erkannt werden. Setzen wir zu dem Niederschlage Salpetersäure, so gibt sich uns die Anwesenheit der Haloidverbindungen und des Schwefelsilbers zu erkennen, da sie ungelöst bleiben, während die Oxydsalze sich sämmtlich lösen. — Die vollständige Abscheidung der Säuren, welche mit Silberoxyd in Wasser unlösliche Verbindungen bilden, durch salpetersaures Silberoxyd gelingt aus derselben Ursache nicht, welche die Abtrennung der Säuren durch Chlorbaryum unsicher macht. Das entstehende Ammonsalz verhindert nämlich, wie oben die Wiederfällung mehrerer Barytsalze, so hier die Wiederausscheidung mehrerer Silbersalze durch Ammon aus der sauren Lösung. Das salpetersaure Silberoxyd ist demnach, abgesehen davon, dass es zur Abscheidung des Chlors, Broms, Jods, Cyans u. s. w. dient und auf Chromsäure u. s. w. hinweist, besonders auch, wie das Chlorbaryum, dazu wichtig, dass es, wenn neutrale Lösungen nicht davon gefällt werden, die Abwesenheit vieler Säuren von vornherein anzeigt.

Das Verhalten zu untersuchender Lösungen zu diesen beiden Reagentien gibt daher gleich von Anfang guten Aufschluss, ob man alle angeführten Proben machen müsse, oder welche man überschlagen könne. Hat man z. B. durch Chlorbaryum einen Niederschlag bekommen, durch salpetersaures Silberoxyd hingegen nicht, so wird es — angenommen, die Lösung sei concentrirt genug und enthielte nicht schon Ammonsalze — überflüssig sein, auf Phosphorsäure, Chromsäure, Borsäure, Kieselsäure, arsenige Säure, Arsensäure, Oxalsäure, Weinsteinsäure und Citronensäure zu prüfen. Derselbe Umstand wird eintreten, im Falle man nur durch Silberlösung, nicht aber durch Chlorbaryum einen Niederschlag bekommen hat. Es ist einleuchtend, wie viele Einzelversuche durch diese einfachen Combinationen erspart werden.

Wenn wir nach diesen Betrachtungen nun wieder zu unserem vorliegenden Falle, in dem wir alle Säuren als gleichzeitig anwesend voraussetzen, zurückkehren, so wären wir also auf die nähere Prüfung auf Chlor, Brom, Jod, Cyan, Ferrocyan, Ferridcyan und Schwefel (deren Trennung und specielle Erkennung schon in §. 157 auseinandergesetzt ist) hingewiesen und hätten die Anwesenheit der Schwefelsäure

bereits erkannt, auch wäre Grund und Ursache vorhanden, auf alle übrigen durch beide Reagentien gefällt werdenden Säuren Rücksicht zu nehmen. Die Erkennung derselben beruht auf den Resultaten von lauter einzelnen Versuchen, welche, da sie oben schon abgehandelt und erklärt sind, hier übergangen werden können. Das Nämliche gilt von dem Reste der unorganischen Säuren, also von der Salpetersäure und der Chlorsäure.

Von den organischen Säuren werden in der Kälte durch Chlorcalcium bei Gegenwart von Salmiak die Oxalsäure (die Traubensäure) und die Weinsteinsäure gefällt, und zwar die beiden ersteren sogleich, die letztere öfters erst nach längerem Stehen; das Niederfallen des citronensauren Kalkes hingegen wird durch die Gegenwart von Ammonsalzen hintertrieben und tritt erst beim Kochen der Lösung oder beim Vermischen derselben mit Alkohol ein; das letzte Mittel dient uns auch zur Abscheidung des äpfelsauren und bernsteinsauren Kalkes aus wässeriger Lösung. Setzen wir daher zu unserer Flüssigkeit

3. *Chlorcalcium* im Ueberschuss und Salmiak,

so werden Oxalsäure, Traubensäure und Weinsteinsäure gefällt, gleichzeitig fallen jedoch die Kalksalze einiger nicht abgeschiedenen unorganischen Säuren, z. B. phosphorsaurer Kalk, mit nieder. Wir müssen daher zur Einzelerkennung der gefällten organischen Säuren solche Reactionen wählen, welche keine Verwechselung derselben mit den ebenfalls gefällten unorganischen Säuren zulassen. — Zur Erkennung der Oxalsäure wählen wir demnach Gypslösung unter Zusatz von Essigsäure (§. 145), zur Auffindung der Weinsteinsäure (und Traubensäure) aber behandeln wir den durch Chlorcalcium erzeugten Niederschlag mit Natronlauge, da hierin nur die Kalksalze der beiden genannten Säuren in der Kälte löslich, beim Kochen aber unlöslich sind.

In Lösung haben wir jetzt von organischen Säuren noch Citronensäure und Aepfelsäure, Bernsteinsäure und Benzoësäure, Essigsäure und Ameisensäure. Die Citronensäure und Aepfelsäure wie auch die Bernsteinsäure werden abgeschieden, wenn man zu der von dem oxalsauren, weinsteinsauren etc. Kalk abfiltrirten Flüssigkeit, welche noch überschüssiges Chlorcalcium enthält, Alkohol setzt. Mit dem äpfelsauren, citronensauren und bernsteinsauren Kalke fällt stets schwefelsaurer und borsaurer Kalk nieder, wenn Schwefelsäure oder Borsäure zugegen ist, daher man sich wohl zu hüten hat, die Kalkniederschläge dieser Säuren mit denen der Citronensäure, Aepfelsäure und Bernsteinsäure zu verwechseln. Durch Abdampfen entfernen wir jetzt den Alkohol und setzen alsdann der neutralen Flüssigkeit

4. *Eisenchlorid*

zu. Die Benzoësäure und der Theil der Bernsteinsäure, welcher als Kalksalz noch nicht abgeschieden worden ist, werden dadurch in

Verbindung mit Eisenoxyd niedergeschlagen, Ameisensäure und Essigsäure bleiben in Lösung.

Die Methoden zur weiteren Trennung der Gruppen und die Reactionen, auf welchen die Erkennung der einzelnen Säuren beruht, sind oben bereits ausführlich angegeben worden und können daher hier übergangen werden.

B. Besondere Bemerkungen und Zusätze zum Gange der Analyse.

In diesem Abschnitte soll noch auf Manches aufmerksam gemacht werden, was in den Gang der Analyse nicht aufgenommen werden konnte; auch werde ich hier Gelegenheit nehmen, in kurzer Weise und kleinerer Schrift darauf hinzuweisen, wie sich der analytische Gang erweitert, wenn bei einer Untersuchung auf alle Elemente Rücksicht genommen werden muss.

Zu §. 189.

Im Anfange des §. 189 ist vorgeschrieben, neutrale oder saure wässerige Lösungen mit Salzsäure zu versetzen. Man thut dies tropfenweise. Entsteht kein Niederschlag, so genügen wenige Tropfen, weil ja alsdann die Flüssigkeit nur sauer gemacht werden soll, um die Fällung der Metalle aus der Eisengruppe durch Schwefelwasserstoff zu verhüten. Entsteht einer, so könnte man, wie dies von Anderen vorgeschlagen worden ist, eine neue Probe nehmen und diese mit Salpetersäure ansäuern. Aber abgesehen davon, dass man auch durch diese in manchen Fällen Niederschläge bekommt, z. B. in einer Lösung von Brechweinstein, ziehe ich die Anwendung der Salzsäure, d. h. die völlige Ausfällung des dadurch Fällbaren, aus drei Gründen vor. Einmal lassen sich aus einer mit Salzsäure angesäuerten Lösung Metalle durch Schwefelwasserstoff besser fällen, als aus einer durch Salpetersäure sauren Flüssigkeit, — ferner wird die weitere Analyse, falls man Silber, Quecksilberoxydul oder Blei in Lösung hat, durch die völlige oder theilweise Ausfällung dieser Metalle als Chlormetalle wesentlich erleichtert, und endlich ist es unmöglich, die genannten drei Metalle in einer Form abzuscheiden, die geeigneter wäre, sie neben einander zu erkennen, als gerade in der der Chlormetalle. Ausserdem erspart man bei der Anwendung der Salzsäure die weitere Prüfung, ob etwa bei den Metallen der fünften Gruppe gefundenes Quecksilber als Oxyd oder Oxydul zugegen war. — Dass man das Blei, wenn solches in grösserer Menge vorhanden ist, sowohl bei den Chlormetallen als bei dem in saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff hervorgebrachten Niederschlag erhält, kann kaum ein Vorwurf dieser Methode genannt werden, indem die Untersuchung auf andere Metalle der fünften und

auch der sechsten Gruppe dadurch nur erleichtert wird, dass man den grössten Theil des Bleies gleich anfangs aus der Lösung entfernt.

Mit den zwei unlöslichen Chlormetallen und dem schwer löslichen Chlorblei könnte, wie gesagt, ein basisches Antimonoxydsalz, z. B. aus dem Brechweinstein oder einer analogen Verbindung, abgeschieden werden. Ein solcher Niederschlag löst sich jedoch mit Leichtigkeit in dem zuzusetzenden Ueberschuss der Salzsäure und hat daher auf das weitere Verfahren keinen Einfluss. Es ist weder gut, noch nöthig, die mit überschüssiger Salzsäure versetzte Flüssigkeit zu erwärmen, weil dadurch ein wenig etwa gefällten Quecksilberchlorürs in Chlorid übergeführt werden könnte.

Bei dem Auswaschen des durch Salzsäure entstandenen Niederschlags mit Wasser kann, wenn Wismuth, Antimon oder Metazinnsäure zugegen ist, bei der Vereinigung des ablaufenden Wassers mit dem ersten Filtrat eine Trübung oder ein Niederschlag entstehen, und zwar bei Anwesenheit von Wismuth oder Antimon dann, wenn die Quantität der vorhandenen freien Salzsäure nicht hinreichend ist, die das Trübewerden veranlassende Ausscheidung der basischen Salze zu verhindern, bei Anwesenheit von Metazinnsäure aber dann, wenn das gefällte und beim Auswaschen mit Wasser sich lösende Metazinnchlorid im Filtrate mit einer zur Wiederausfällung genügenden Menge Salzsäure zusammentrifft. Gleichgültig ob eine Trübung oder ein Niederschlag entsteht oder nicht, das weitere Verfahren wird dadurch nicht verändert; denn diese fein zertheilten Niederschläge werden durch Schwefelwasserstoff ebenso leicht in Schwefelverbindungen umgewandelt, als wenn die Metalle in Lösung gewesen wären.

Setzt man Salzsäure zu einer alkalischen Lösung, so ist dabei zu berücksichtigen, dass man so lange zutröpfle, bis die Flüssigkeit stark sauer reagirt. Es wird durch die Säure der die alkalische Reaction bedingende Körper gebunden, und die etwa in ihm aufgelösten oder mit ihm vereinigten Substanzen scheiden sich aus. War das Alkali frei vorhanden, so kann also hier z. B. Zinkoxyd, Thonerde etc. gefällt werden. Diese lösen sich aber im Ueberschuss der Salzsäure wieder auf. Chlorsilber hingegen würde sich nicht, Chlorblei nur schwierig lösen. War die alkalische Reaction durch ein metallisches Schwefelsalz bedingt, so wird durch Zusatz der Salzsäure die Sulfosäure ausgeschieden, z. B. Schwefelantimon, während die Sulfobase, z. B. Schwefelnatrium, mit den Bestandtheilen der Chlorwasserstoffsäure Chlornatrium und Schwefelwasserstoff bildet. Rührt sie von einem kohlensauren Alkali, einem Cyan- oder Schwefelalkali-Metall her, so entweicht Kohlensäure, Blausäure und Schwefelwasserstoff. Alle diese Erscheinungen sind gehörig zu beachten, da sie nicht allein die Anwesenheit der betreffenden Substanzen zu erkennen geben, sondern auch ganze Reihen von Körpern von der Untersuchung ausschliessen.

In Lösungen, welche Thalliumoxydul, Alkalisalze der Antimonsäure, Tantalsäure, Niobsäure, Molybdänsäure oder Wolframsäure enthalten, entstehen durch Salzsäure ebenfalls Niederschläge. Die von Antimonsäure, Tantalsäure und Molybdänsäure herrührenden lösen sich (die Tantalsäure zur opalisirenden Flüssigkeit), — Thalliumchlorür, Niobsäure und Wolframsäure dagegen lösen sich nicht im Ueberschuss der Salzsäure. Letztere bleiben daher eventuell bei dem Niederschlag zurück, der auch Chlorsilber, Quecksilberchlorür, Chlorblei und Kieselsäure enthalten kann. — Eine nach einiger Zeit eintretende Ausscheidung von Schwefel nach Zusatz von Salzsäure würde, wenn sich gleichzeitig Geruch nach schwefliger Säure einstellt, auf unterschwefligsaure Salze deuten. — Hat man Grund, in dem durch Salzsäure entstandenen Niederschlage auf die seltener vorkommenden Elemente Rücksicht zu nehmen, so prüft man die beim Auswaschen mit siedendem Wasser ablaufende Flüssigkeit mittelst Jodkaliums auf Thallium (Bestätigung durch Spectralanalyse). Behandelt man nach Erschöpfung des Niederschlages durch Wasser mit Ammon, so wird das Chlorsilber gelöst, das Quecksilberchlorür aber in Quecksilberamidür-Quecksilberchlorür umgewandelt. Löst man dies in Salpetersäure, so bleibt möglichenfalls Niobsäure und Wolframsäure, unter Umständen neben Kieselsäure zurück. Die beiden ersteren können durch Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali und Behandeln mit Wasser, zuletzt mit einer verdünnten Lösung von kohlensaurem Ammon von der Kieselsäure getrennt und von einander durch Behandeln der Lösung mit überschüssigem Schwefelammonium geschieden werden.

Zu §§. 190 und 191.

Um Analysen in möglichst kurzer Zeit zu machen, muss man sich daran gewöhnen, Mancherlei gleichzeitig zu thun, und nicht z. B. nach der Fällung mit Schwefelwasserstoff die Hände in den Schooss legen, bis der entstandene Niederschlag völlig ausgewaschen ist. Die erst abgelaufenen Mengen genügen ja schon, um zu prüfen, ob auch ein durch Schwefelammonium fällbarer Körper zugegen sei, oder, wenn dieses nicht der Fall ist, ob durch kohlensaures Ammon ein Niederschlag entsteht. Je nach den erhaltenen Resultaten wird man sodann, während man den durch Schwefelwasserstoff entstandenen Niederschlag auswäscht, die davon abfiltrirte Flüssigkeit alsobald mit Schwefelammonium oder kohlensaurem Ammon fällen; — während man alsdann den ersten Niederschlag mit Schwefelammonium digerirt, wird der zweite ausgewaschen u. s. w. — Wenn man sich auf diese Art gewöhnt hat, seine Zeit einzutheilen, kann man, ohne im Geringsten flüchtig zu arbeiten, in einer Stunde mehr zu Stande bringen, als im anderen Falle in zwei.

In den Fällen, in welchen man nur mit Metalloxyden aus der sechsten Gruppe, z. B. mit Antimonoxyd, und mit solchen aus der vierten oder fünften Gruppe, z. B. mit Eisen oder Wismuth, zu thun hat, kann man zur Trennung derselben die Fällung mit Schwefelwasserstoff aus angesäuerter Lösung ganz ersparen und zu der neutral gemachten Lösung gleich von Anfang Schwefelammonium im Ueberschuss setzen. Man erhält alsdann das Schwefeleisen etc. im Niederschlage, das Antimon etc.

in einer Lösung, aus welcher es durch Zusatz einer Säure sogleich als Schwefelantimon gefällt wird. Man hat dabei den Vortheil, dass die Flüssigkeit weniger verdünnt wird, als bei der Fällung mit Schwefelwasserstoffwasser, und dass die Operation schneller und bequemer auszuführen ist, als wenn man Schwefelwasserstoffgas einleitet. — Ferner mag hier nochmals darauf aufmerksam gemacht werden, wie ausserordentlich oft sich Anfänger durch Anwendung von verdorbenem oder zu schwachem Schwefelwasserstoffwasser, durch Hinzufügen einer zur Fällung unzureichenden Menge desselben oder durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas in eine zu concentrirte, einen grossen Ueberschuss von Salzsäure oder Salpetersäure enthaltende Lösung ihre Arbeit erschweren. Man denke sich z. B. in einer sehr sauren Lösung Wismuth und Eisen neben einander. Leitet man Schwefelwasserstoffgas ein oder setzt man ein paar Tropfen Schwefelwasserstoffwasser zu, so entsteht kein Niederschlag; die Gegenwart des grossen Ueberschusses von concentrirter Säure macht sein Entstehen unmöglich. Schliesst man nun, es sei kein durch Schwefelwasserstoff fällbares Metall zugegen, und geht zu der Fällung mit Schwefelammonium über, so bekommt man das Schwefelwismuth bei dem Schwefeleisen. Behandelt man diesen Niederschlag mit verdünnter Salzsäure, so bleibt ein schwarzer Rückstand; nichts liegt also näher, als auf Kobalt und Nickel zu schliessen. — Sobald man sich aber einmal auf diese Art vom rechten Weg entfernt hat, ist es für den Anfänger ausserordentlich schwierig, ja fast unmöglich, sich wieder zurecht zu finden. — Es ist kaum eine andere Klippe im ganzen Gange der Analyse, an welcher häufiger gescheitert wird, namentlich auch bei Anwendung von gasförmigem Schwefelwasserstoff, wobei so häufig unbeachtet bleibt, dass der Niederschlag in sehr sauren Lösungen nicht entstehen kann, wenn man nicht mit Wasser verdünnt. — Auch Arsensäure kann gar leicht übersehen werden, wenn man es unterlässt, die Einwirkung des Schwefelwasserstoffs durch geeignetes Erwärmen hinlänglich zu unterstützen.

Das mangelhafte Auswaschen des durch Schwefelwasserstoff aus durch Salzsäure angesäuerter Lösung erhaltenen Niederschlages gibt ebenfalls oft Veranlassung zu Irrungen und zu ganz unnöthiger Verzögerung der Analyse. — Irrungen können entstehen, weil Schwefelquecksilber nur dann in erhitzter Salpetersäure unlöslich ist, wenn ihm keine Salzsäure mehr anhaftet, und unnöthige Weitläufigkeiten treten ein, wenn man den mangelhaft ausgewaschenen Niederschlag mit Schwefelammonium prüft, ob er darin ganz, gar nicht oder theilweise löslich ist. Man erkennt, dass man diese wichtige Entscheidung dann nicht zu treffen vermag, wenn dem Niederschlage noch Eisen-, Nickel- etc. Lösung anhaftet.

Nicht selten erhält man bei Behandlung der sauren Lösungen mit Schwefelwasserstoff, oder auch bei Zersetzung des zum Ausziehen etwa vorhandener Schwefelmetalle der sechsten Gruppe verwandten Schwefelammoniums durch Salzsäure, Niederschläge, die fast das Ansehen reinen Schwefels haben, bei denen man somit in Zweifel bleibt, ob sie überhaupt

auf Metalle zu prüfen sind. In solchen Fällen kann man den Niederschlag zunächst mit Wasser auswaschen, trocknen und endlich zur Entfernung des Schwefels mit Schwefelkohlenstoff behandeln, um so zu untersuchen, ob überhaupt dem Schwefel eine geringe Menge eines Schwefelmetalles beigemengt ist oder nicht.

Von den selteneren Elementen gehen in den in saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff hervorgebrachten Niederschlag folgende als Schwefelverbindungen über:

Palladium, Rhodium, Osmium, Ruthenium, Iridium*), Molybdän, Tellur, Selen und möglichenfalls Thallium**).

Schwefelabscheidung durch Zersetzung des Schwefelwasserstoffs aber bewirken von den seltener vorkommenden Verbindungen namentlich folgende:

Die über dem Oxydul oder Chlorür stehenden Oxyde oder Chloride des Mangans und Kobalts, Vanadsäure (unter Blaufärbung der Flüssigkeit), salpetrige Säure, schweflige und unterschweflige Säure, unterchlorige und chlorige Säure, Bromsäure und Jodsäure.

Beim Behandeln des Niederschlages mit Schwefelammonium (Schwefelnatrium) lösen sich (mit Schwefelarsen, Schwefelantimon etc.) die Schwefelverbindungen des Iridiums, Molybdäns, Tellurs und Selens, während (mit dem Schwefelblei, Schwefelwismuth etc.) ungelöst bleiben die Schwefelverbindungen des Palladiums, Rhodiums, Osmiums und Rutheniums, sowie des möglichenfalls hier anwesenden Thalliums.

Zu §. 192.

Schmelzt man einen Niederschlag, welcher alle durch Schwefelwasserstoff aus saurer Lösung fällbaren Schwefelmetalle der sechsten Gruppe enthält, also aus denen des Zinns, Antimons, Arsens, Tellurs, Selens, Molybdäns, Golds, Platins und Iridiums besteht, so wie es im §. 192 vorgeschrieben, mit kohlensaurem und salpetersaurem Natron und behandelt die Schmelze mit kaltem Wasser, so gehen mit der Arsensäure in Lösung über Tellursäure, Selensäure und Molybdänsäure, während mit dem Zinnoxyd, antimonsauren Natron, Gold und Platin auch das Iridium zurückbleibt.

Auf welche Art in Lösung und Niederschlag die selteneren Elemente entdeckt werden können, ergibt sich aus §. 135.

Zu §. 193.

Ausser der im Gange der Analyse angegebenen Methode zur Unterscheidung des Cadmiums, Kupfers, Bleies und Wismuthes führt auch fol-

*) Die Platinerzmetalle werden durch Schwefelwasserstoff schwer ausgefällt. Man muss andauernd und unter Erwärmen Gas einleiten, wenn der Zweck erreicht werden soll. — **) Wolfram und Vanad finden sich in dem Niederschlage nicht, wenn er durch Fällung einer sauren Lösung mit Schwefelwasserstoff erhalten worden ist; sie könnten nur dann hier vorhanden sein, wenn die Flüssigkeit erst mit Schwefelammonium, dann mit Säure im Ueberschuss versetzt worden wäre, in welchem Falle dann aber auch die Schwefelmetalle des Nickels und Kobalts sich bei denen der fünften und sechsten Gruppe befinden würden. — Thallium, welches unter gewöhnlichen Umständen aus sauren

gende mit grosser Sicherheit zum Ziele. — Man setzt zu der salpetersauren Lösung kohlensaures Natron, so lange noch ein Niederschlag entsteht, alsdann fügt man Cyankaliumlösung im Ueberschuss hinzu und erwärmt. Blei und Wismuth werden hierdurch vollständig als kohlensaure Salze abgeschieden, Kupfer und Cadmium bekommt man als Cyankupfer-Cyankalium und Cyancadmium-Cyankalium in Lösung. Die ersteren können durch Schwefelsäure leicht getrennt werden, die letzteren scheidet man, indem man der Lösung ihrer Cyanverbindungen in Cyankalium Schwefelwasserstoff im Ueberschuss zusetzt, erwärmt und zur Wiederlösung etwa mit niedergefallenen Schwefelkupfers nochmals etwas Cyankalium hinzufügt. Ein darin unlöslicher gelber Niederschlag von Schwefelcadmium lässt Cadmium erkennen. Zum Filtrat fügt man Salzsäure, ein schwarzer Niederschlag von Schwefelkupfer zeigt Kupfer an.

Hat man Grund, in dem Niederschlage, welcher die Schwefelverbindungen der fünften Gruppe enthält, die Schwefelmetalle des Palladiums, Rhodiums, Osmiums, Rutheniums oder Thalliums neben Schwefelkupfer, Schwefelwismuth etc. zu vermuthen, so kann man, nachdem man eine kleine Probe spectralanalytisch auf Thallium geprüft hat, mit der Hauptmasse des Niederschlages also verfahren:

Man schmelzt ihn mit Kalihydrat und chlorsaurem Kali, erhitzt, zuletzt zum Glühen, und behandelt die erkaltete Schmelze mit Wasser. Sie enthält osmiumsaures und ruthensaures Kali und ist durch letzteres tief gelb gefärbt. Neutralisirt man sie vorsichtig mit Salpetersäure, so scheidet sich schwarzes Ruthenoxyd aus, setzt man zum Filtrat mehr Salpetersäure und destillirt, so geht Osmiumsäure über. Der beim Behandeln der Schmelze mit Wasser gebliebene Rückstand, in Wasserstoff gelinde geglüht (wobei etwa anwesendes Cadmium entweichen könnte) und mit verdünnter Salpetersäure vorsichtig behandelt, lässt Rhodium und Palladium zurück, während sich Kupfer, Blei etc. lösen. Durch Königswasser lässt sich alsdann das Palladium lösen, während das Rhodium zurückbleibt. In Betreff weiterer Prüfung der so geschiedenen Metalle verweise ich auf §. 124. — Auf Quecksilber ist, wenn man obiges Verfahren einschlägt, eine besondere Portion des Schwefelmetallniederschlages zu prüfen.

Zu §. 194.

Denkt man sich in der Flüssigkeit, welche von dem in der sauren Lösung durch Schwefelwasserstoff erzeugten Niederschlag abfiltrirt ist, alle noch nicht gefällten Elemente, so müssen, wenn man die Flüssigkeit nach Zusatz von Salmiak mit Ammon neutralisirt und Schwefelammonium im Ueberschuss zusetzt, folgende Elemente in den Niederschlag übergehen:

a. Als Schwefelverbindungen: Kobalt, Nickel, Mangan, Eisen, Zink, Uran, Thallium, Indium;
b. als Sauerstoffverbindungen: Aluminium, Beryllium, Thorium, Zirkonium, Yttrium, Erbium, Cer, Lanthan, Didym, Chrom, Titan, Tantal, Niob*).

Lösungen durch Schwefelwasserstoff nicht gefällt wird, kann in Verbindung mit Schwefelarsen niederfallen.

*) Von der Niobsäure können hier nur die geringen Mengen sein, die bei der anfänglichen Ausfällung durch Salzsäure sich wieder lösten.

Vermuthet man nun in dem Niederschlage einige von den selteneren Elementen, so dürfte das folgende Verfahren für viele Fälle wohl das empfehlenswertheste sein.

1. Man troeknet den grössten Theil des ausgewaschenen Niederschlages, röstet ihn in einem Porzellantiegel und schmelzt ihn sodann im Platintiegel mit *saurem schwefelsaurem Kali* andauernd; die erkaltete Schmelze weicht man mit kaltem Wasser auf und digerirt längere Zeit damit ohne zu erwärmen. Man filtrirt die Lösung von dem Rüekstand ab.

Der Rüekstand, welcher die Säuren des Tantals und Niobs enthält, aueh Kieselsäure sowie etwas ungelöstes Eisen- und Chromoxyd enthalten kann, liefert, mit Natronhydrat und etwas ehlorsaurem Kali geschmolzen, eine Masse, welche mit verdünnter Natronlauge aufgeweicht, chromsaures und kieselsaures Kali in Lösung übergehen lässt, während tantalsaures und niobsaures Natron (weil in Natronlauge unlöslich) mit dem Eisenoxyd zurückbleiben. Naeh Entfernung des Natronüberschusses behandelt man wiederholt mit einer sehr verdünnten Lösung von kohlensaurem Natron, worin sich das niobsaure Natron weit leiehter als das tantalsaure löst. In Betreff weiterer Prüfung vergl. §. 104. 10 und 11.

Die saure Lösung, welche alle übrigen Basen etc. der dritten und vierten Gruppe enthält, behandelt man mit Schwefelwasserstoff, um das Eisenoxyd zu redueiren, verdünnt stark und erhitzt, während man Kohlensäure einleitet, andauernd zum Koehen. Scheidet sich hierbei ein Niederschlag aus, so ist derselbe auf Titansäure zu prüfen, möglichenfalls kann derselbe aueh etwas Zirkonerde enthalten.

Das Filtrat eoneentrire man dureh Eindampfen unter Zusatz von etwas Salpetersäure, fälle mit *Ammon*, löse den abfiltrirten und ausgewaschenen Niederschlag wieder in Salzsäure und fälle noehmals mit Ammon. Man erhält so Zink, Mangan, Nickel und Kobalt fast vollständig in Lösung, während die Erden mit Eisenoxyd, Indiumoxyd, Uranoxyd und Chromoxyd zurückbleiben. Man löst den Niedersehlag neuerdings mit Salzsäure und fügt ohne Erhitzung *concentrirte Kalilauge* zu. Hierdurch erhält man Chromoxyd, Thonerde und Beryllerde in Lösung, während die anderen Erden mit dem Eisenoxyd, Indiumoxyd und Uranoxyd gefällt werden. Verdünnt und kocht man die alkalisehe Lösung andauernd, so bleibt Thonerde (die dann durch Salmiak gefällt werden kann) gelöst, während Chromoxyd und Beryllerde niederfallen. Man sehmelzt den Niedersehlag mit kohlensaurem Natron und chlorsaurem Kali und trennt Beryllerde und Chromsäure in der Art, wie man Thonerde und Chromsäure zu trennen pflegt (§. 103).

Der Niederschlag, welcher das Eisenoxyd, Indiumoxyd, Uranoxyd und die in Kali unlöslichen Erden enthält, kann auch noch Chromoxyd und unter Umständen, z. B. wenn Yttererde und Ceroxyd zugegen sind, auch noch Thonerde und Beryllerde enthalten. Man löst ihn in Salzsäure, entfernt einen zu grossen Ueberschuss von Salzsäure durch Verdampfen, verdünnt, fügt *kohlensauren Baryt* hinzu und lässt kalt 4 bis 6 Stunden stehen.

Der hierdurch entstandene Niederschlag enthält das Eisenoxyd, Indiumoxyd, etwa noch vorhandene Thonerde, möglichenfalls zurückgebliebenes Chromoxyd und das Uranoxyd. Letzteres ist von den ersteren, nach Wiederlösung in Salzsäure, mittelst übersehüssigen doppelt kohlensauren Natrons zu trennen; den Niederschlag aber prüft man speetralanalytisch auf Indium, durch Sehmelzen mit kohlensaurem Natron und chlorsaurem Kali auf Chrom.

Das von dem durch kohlensauren Baryt entstandenen Niedersehlag ge-

trennte Filtrat befreit man zunächst durch Schwefelsäure von Baryt, concentrirt stark durch Abdampfen, macht mit Kali genau neutral (die Reaction sei eher sauer als alkalisch), fügt *neutrales schwefelsaures Kali* in Krystallen zu, kocht und lässt alsdann 12 Stunden stehen. Man filtrirt und wäscht zunächst mit einer Lösung von neutralem schwefelsaurem Kali aus. Das Filtrat enthält den Theil der Beryllerde, welcher oben der Lösung durch Kali entgangen sein kann, ferner Yttererde und Erbinerde; sie werden aus der Lösung durch Ammon gefällt und können leicht durch Behandeln mit einer concentrirten warmen Lösung von *Oxalsäure*, worin die Beryllerde löslich ist, während die Oxalate der Yttererde und Erbinerde zurückbleiben, getrennt werden. Der Niederschlag der schwefelsauren Kali-Doppelsalze wird jetzt mit Wasser unter Zusatz von etwas Salzsäure wiederholt ausgekocht, wobei das schwefelsaure Zirkonerde-Kali ungelöst bleibt, während Thorerde und die Ceroxyde in Lösung übergehen, daraus durch Ammon gefällt und durch die §. 104 angeführten Reactionen erkannt werden können.

2. Von dem Reste des Niederschlages prüfe man ein Theilchen spectralanalytisch auf Thallium (und zugleich auf Indium). Zur sicheren Auffindung des Thalliums löse man einen Theil des Niederschlages in kochender verdünnter Salzsäure, behandele die Lösung mit schwefliger Säure, bis vorhandenes Eisenoxyd reducirt ist, stumpfe die freie Säure fast vollständig mit Ammon ab und prüfe mit Jodkalium. Ein etwa entstehender Niederschlag ist jedenfalls spectralanalytisch näher zu prüfen.

Zu §§. 195 — 198.

Die Flüssigkeit, welche von dem durch Schwefelammonium hervorgebrachten Niederschlag abfiltrirt worden ist, kann nicht nur die alkalischen Erden und Alkalien, sondern auch noch etwas Nickel, ferner Vanad- und den Theil der Wolframsäure enthalten, welcher anfänglich durch Salzsäure nicht ausgefällt worden ist. Die drei letzteren sind als im Schwefelammonium-Ueberschuss gelöste Schwefelmetalle vorhanden und fallen als solche nieder, wenn man die Flüssigkeit mit Salzsäure eben ansäuert. Filtrirt man den Niederschlag ab, wäscht ihn aus, trocknet, schmelzt mit kohlensaurem Natron und Salpeter und behandelt die Schmelze mit Wasser, so bleibt das Nickeloxydul zurück, während sich vanadinsaures und wolframsaures Kali lösen. Aus dieser Lösung kann die Vanadsäure durch festes Chlorammonium, die Wolframsäure durch Abdampfen mit Salzsäure und Behandeln des Rückstandes mit Wasser abgeschieden und beide dann näher untersucht werden (§. 113. d und §. 135. c).

Was in Betreff der Auffindung des Lithiums, Cäsiums und Rubidiums hier erwähnt werden könnte, findet sich bereits bei der Analyse der Mineralwasser (259) und (260).

Zu §. 203.

Zieht man die seltener vorkommenden Elemente mit in Betracht, so erweitert sich der Kreis der Stoffe bedeutend, welche beim Behandeln einer zu untersuchenden Substanz mit Wasser, Salzsäure, Salpetersäure und Königswasser unlöslich zurückbleiben können. Es sind namentlich noch die folgenden, welche theils überhaupt, theils im geglühten Zustande oder in gewissen Verbindungen sich als unlöslich oder langsam und schwerlöslich in Säuren erweisen:

Beryll-, Thor- und Zirkonerde, Ceroxyd, Titansäure, Tantalsäure, Niobsäure, Molybdänsäure und Wolframsäure, Rhodium, Iridium, Osmium, Iridium, Ruthenium.

Ist man nun im Gange der Analyse bei (208) angelangt, so schmelze man die silber-, blei- und schwefelfreie Substanz mit kohlensaurem Natron unter Zusatz von etwas Salpeter, ziehe wiederholt mit heissem Wasser aus, schmelze den etwa ungelöst gebliebenen Rückstand in einem Silbertiegel mit Kalihydrat und Salpeter andauernd und behandle neuerdings wiederholt mit Wasser. Die alkalischen Lösungen, welche man getrennt untersuchen oder auch vereinigen kann, können enthalten Beryllerde, einen Theil der Titansäure, Tantalsäure, Niobsäure, Molybdän- und Wolframsäure, Osmiumsäure, Ruthensäure und einen Theil vorhandenen Iridiums.

Schmelzt man den bei den vorigen Operationen ungelöst gebliebenen Rückstand mit saurem schwefelsaurem Kali, so können sich beim Behandeln der Schmelze mit Wasser Thor- und Zirkonerde, Ceroxyd, der Rest der Titansäure und das Rhodium lösen.

Bliebe nochmals ein Rückstand, so könnte derselbe von, der Aufschliessung entgangenen, Platinerzmetallen herrühren und würde am besten mit Chlornatrium gemengt und im Chlorstrom geglüht.

Was die Trennung und Unterscheidung der einzelnen in die verschiedenen Lösungen übergeführten Elemente betrifft, so ist darüber das Erforderliche in den Zusätzen zu den §§. 189 bis 198, sowie im dritten Abschnitte der ersten Abtheilung mitgetheilt worden.

Zu §. 204.

Die Analyse der Cyanverbindungen ist in gewissen Fällen nicht ganz leicht, besonders ist es zuweilen schwierig, nur erst zu finden, dass man überhaupt mit einer solchen zu thun hat. Beachtet man jedoch die Erscheinungen beim Glühen der Substanz (8), sowie, ob sich beim Kochen mit Salzsäure ein Geruch nach Blausäure entwickelt (35), so wird man über die Anwesenheit einer Cyanverbindung im Allgemeinen in der Regel nicht lange im Zweifel sein.

Man hat nun vor Allem ins Auge zu fassen, dass die in der Pharmacie u. s. w. vorkommenden in Wasser unlöslichen Cyanverbindungen zwei ganz verschiedenen Classen angehören. Es sind nämlich entweder einfache Cyanverbindungen, oder es sind Verbindungen von Metallen mit Ferrocyan oder einem anderen von diesen zusammengesetzten Radicalen.

Die einfachen Cyanverbindungen werden alle durch Kochen mit concentrirter Salzsäure in Chlormetalle und Cyanwasserstoffsäure zerlegt. Ihre Analyse ist daher niemals schwierig. Die Ferrocyanverbindungen etc. jedoch, auf welche sich der in §. 204 angegebene Gang auch eigentlich allein bezieht, erleiden durch Säuren so verwickelte Zersetzungen, dass ihre Analyse auf diese Art nicht leicht gelingt. — Weit einfacher gestaltet sich stets ihre Zersetzung durch Kali oder Natron. Dasselbe scheidet nämlich das mit dem Ferrocyan oder überhaupt mit dem zusammengesetzten Radical verbundene Metall als Oxyd ab, indem es an das-

selbe seinen Sauerstoff abgibt und als Metall mit den Radicalen zu löslichem Ferrocyankalium etc. in Verbindung tritt. — Im Ueberschuss des Kalis sind nun aber mehrere Oxyde löslich, als Bleioxyd, Zinkoxyd etc. Kocht man daher z. B. das Ferrocyanzinkkalium mit kaustischem Kali, so löst es sich gänzlich auf; wir können annehmen, dass in der Lösung Ferrocyankalium, und Zinkoxyd in Kali gelöst, vorhanden sind. Fügten wir zu dieser Lösung eine Säure, so bekämen wir, wie natürlich, unseren ursprünglichen Niederschlag von Ferrocyanzinkkalium wieder und hätten somit durch die Operation nichts erreicht. Wir leiten also, um diesem Uebel vorzubeugen, in die alkalische Lösung Schwefelwasserstoff (aber nicht bis die Lösung danach riecht, sondern nur bis zur vollständigen Ausfällung der vorhandenen fällbaren Oxyde). Durch den Schwefelwasserstoff werden alle schweren Metalle, welche sich als Oxyde in Kali gelöst befinden, in Schwefelmetalle verwandelt. Die in Kali unlöslichen, als Schwefelblei, Schwefelzink etc., scheiden sich aus, die in alkalischen Schwefelmetallen löslichen, als Schwefelzinn, Schwefelantimon etc., bleiben gelöst. Um auch ihre Anwesenheit nicht zu übersehen, säuert man daher das Filtrat an und leitet nöthigenfalls noch Schwefelwasserstoff ein.

In der von den Oxyden und Schwefelmetallen abfiltrirten Flüssigkeit hat man jetzt noch die Metalle, welche mit Cyan zusammengesetzte Radicale bilden, ausserdem kann Thonerde zugegen sein, denn diese muss sich bei der anfänglichen Behandlung mit Aetzlauge als Thonerdekali gelöst haben und ist später nicht abgeschieden worden. Endlich hat man in dieser Flüssigkeit noch auf anderweitige Säuren zu prüfen. Es ist daher vorgeschrieben, die Lösung in 2 Theile zu theilen, den einen auf Säuren, den anderen aber auf Thonerde und diejenigen Metalle zu prüfen, welche mit Cyan zusammengesetzte Radicale bilden. Bei dem vorgeschriebenen Erhitzen dieses Theiles mit concentrirter Schwefelsäure werden alle Cyanverbindungen in der Art zersetzt, dass die Metalle als schwefelsaure Salze im Rückstande bleiben (H. Rose*).

Will man in einfachen oder zusammengesetzten Cyanverbindungen nur auf Basen prüfen und zu dem Ende die Cyanverbindung zerstören, so genügt es, dieselben geradezu im gepulverten Zustande in einem Platingefässe mit concentrirter Schwefelsäure, die mit ein wenig Wasser verdünnt worden ist, zu übergiessen und darin so lange und so stark zu erhitzen, bis fast alle freie Schwefelsäure verjagt worden ist. Die rückständige Masse besteht aus schwefelsauren Salzen, die man in Salzsäure und Wasser löst.

Die Ursache endlich, dass man auch bei mit Wasser völlig ausgewaschenen Ferrocyan- etc. Verbindungen doch auf Alkalien prüfen muss, liegt darin, dass mit unlöslichen Ferrocyan- etc. Metallen sehr oft Ferrocyan- etc. Alkalimetall niederfällt und durch Auswaschen sich nicht entfernen lässt.

---

*) Zeitschrift für analyt. Chem. 1. 194.

Anhang.

I.

Verhalten der wichtigsten officinellen Alkaloide zu Reagentien und deren Ausmittelung in systematischem Gange.

§. 229.

Ungleich schwieriger, als die Unterscheidung und Ausmittelung der meisten anorganischen Basen ist die Auffindung und Trennung der Alkaloide durch Reagentien. Bei vielen sind die Verbindungen, in welchen sie von anderen geschieden werden können, nicht unlöslich genug, um scharfe Scheidungen zu bewirken, bei anderen kennen wir die Reactionen nur in ihrer äusseren Erscheinung, aber wir können sie noch nicht auf ihre Ursachen zurückführen und es fehlt uns daher oft an genauer Kenntniss aller Bedingungen, welche auf das Eintreten der Reaction modificirend einwirken, und für manche Alkaloide fehlt es fast noch gänzlich an charakteristischen Reactionen.

Um aber jüngeren Chemikern und namentlich Pharmaceuten, für welche der Gegenstand ein besonderes Interesse hat, Anleitung zu geben, sich auch in dieser Art von analytischen Versuchen zu üben, füge ich diesen Anhang zu, beschränke mich darin aber auf die wichtigsten und am häufigsten gebrauchten Alkaloide. Ich verstehe darunter: Nicotin, Coniin, Morphin, Narcotin, Chinin, Cinchonin, Strychnin, Brucin, Veratrin und Atropin.

Hat man gelernt, diese zu erkennen und zu trennen, so wird man im gegebenen Falle den Kreis der Alkaloide leicht zu erweitern im Stande sein.

Den ganzen Anhang über die Alkaloide behandle ich in folgenden Abschnitten:

A. Allgemeine Reagentien auf Alkaloide.

B. Eigenschaften und Reactionen der einzelnen, nach analytischen Merkmalen gruppenweise geordneten Alkaloide. Diesem Abschnitte füge ich am Schlusse eine Zusammenstellung der Eigenschaften und Reactionen einzelner stickstofffreier Körper bei, welche namentlich in toxikologischer Beziehung den Alkaloiden nahe stehen oder zur Verfälschung von Alkaloiden dienen können, nämlich des Salicins, Digitalins und Pikrotoxins.

C. Systematischer Gang zur Auffindung der Alkaloide, wenn nur eines als vorhanden angenommen wird.

D. Systematischer Gang zur Auffindung der Alkaloide, wenn mehrere oder alle als vorhanden angenommen werden.

E. Auffindung der Alkaloide bei Gegenwart anderer organischer Substanzen.

A. Allgemeine Reagentien auf Alkaloide.

§. 230.

Unter allgemeinen Reagentien auf Alkaloide sind solche zu verstehen, die alle oder fast alle Alkaloide fällen. Sie sind daher sehr geeignet zu prüfen, ob in einer Flüssigkeit überhaupt ein Alkaloid in Lösung ist und können zur Abscheidung der Alkaloide aus ihren Lösungen dienen, gestatten aber eine Unterscheidung der einzelnen Alkaloide nicht oder nur in untergeordnetem Grade.

Zu solchen allgemeinen Reagentien sind zu rechnen:

Platinchlorid, eine Auflösung von Jod in Jodkalium (Wagner*), Kalium-Quecksilberjodid (v. Planta**), — Kalium-Cadmiumjodid (Marmé***), — Kalium-Wismuthjodid (Dragendorff****), — Phosphormolybdänsäure (de Vrij, Sonnenschein†), — Phosphorantimonsäure (Fr. Schulze††), — Metawolframsäure (Scheibler†††), — Pikrinsäure (H. Hager††††).

Das Platinchlorid bildet mit den salzsauren Alkaloiden dem Ammonium-Platinchlorid analoge Verbindungen. Dieselben sind in Wasser theils schwer löslich, theils ziemlich leicht löslich. Am sichersten erhält man die Doppelsalze und am vollständigsten werden sie abgeschieden,

---

*) Zeitschrift f. analyt. Chem. 4. 387.

**) Dessen „das Verhalten der wichtigsten Alkaloide gegen Reagentien", Heidelberg 1846.

***) Zeitschr. f. analyt. Chem. 6. 123.

****) Ebendaselbst 5. 406.

†) Ann. d. Chem. u. Pharm. 104. 47.

††) Ann. d. Chem. u. Pharm. 109. 179.

†††) Journ. f. prakt. Chem. 80. 211.

††††) Pharm. Centralhalle. 10r Jahrg. S. 131.

wenn man die mit genügendem Platinchlorid versetzten Lösungen fast zur Trockne verdampft und den Rückstand mit Weingeist behandelt. Die Verbindungen sind heller oder dunkler gelb, theils krystallinisch, theils flockig, meist in Salzsäure leichter als in Wasser löslich.

Eine Auflösung von Jod in Jodkaliumlösung (12,7 Grm. freies Jod im Liter enthaltend) fällt die Lösungen der Salze aller Alkaloide. Die Niederschläge sind braun, flockig. Ihre Bildung und Abscheidung wird durch Ansäuern der Lösungen mit Schwefelsäure befördert. Löst man den Niederschlag nach dem Auswaschen in wässeriger schwefliger Säure und verdampft die Lösung im Wasserbade, um den Ueberschuss der schwefligen Säure und die Jodwasserstoffsäure zu entfernen, so bleibt die Base in Verbindung mit Schwefelsäure zurück. Schied man den Niederschlag aus einer durch andere organische Substanzen stark verunreinigten Flüssigkeit ab, so löst man den zuerst erhaltenen in einer verdünnten Lösung von unterschwefligsaurem Natron, filtrirt, fällt das Filtrat neuerdings mit Jodlösung und verfährt erst mit dem so erhaltenen Niederschlag nach obiger Angabe*).

Kalium-Quecksilberjodid fällt die Lösungen der Salze sämmtlicher Alkaloide. Die Niederschläge sind weiss bis gelblich weiss, in Wasser und verdünnter Salzsäure nicht löslich.

Kalium-Cadmiumjodid**) fällt die mit Schwefelsäure angesäuerten Lösungen der Alkaloidsalze selbst bei starker Verdünnung. Die Niederschläge sind erst alle flockig, weiss, — ein Theil derselben wird bald krystallinisch. Die Niederschläge sind unlöslich in Aether, leicht löslich in Alkohol, weniger löslich in Wasser, leicht löslich in überschüssigem Fällungsmittel. Die Niederschläge haben Neigung, sich bei längerem Stehen zu zersetzen. Aus den unzersetzten Niederschlägen lassen sich die Alkaloide gewinnen, indem man jene mit kohlensaurem oder ätzendem Alkali und Wasser zusammenbringt und die Flüssigkeiten mit zur Aufnahme der Alkaloide geeigneten, mit Wasser nicht mischbaren Lösungsmitteln (Benzol, Amylalkohol, Aether etc.) schüttelt.

Kalium-Wismuthjodidlösung***), tropfenweise zu mit Schwefelsäure angesäuerten wässerigen Lösungen von Alkaloidsalzen gesetzt

*) Löst man den in einer Strychninsalzlösung durch Jod enthaltendes Jodkalium entstehenden braunrothen Niederschlag in schwefelsäurehaltigem Weingeist und lässt verdunsten, so erhält man säulenförmige, stark polarisirende Krystalle von schwefelsaurem Jodstrychnin, de Vrij und van der Burg (Jahresber. von Liebig u. Kopp 1857. 602). Ob diese Reaction für Strychnin charakteristisch ist, ergibt sich erst dann, wenn auch die optischen Eigenschaften der analogen Verbindungen der übrigen Alkaloide untersucht worden sind.

**) Die Lösung desselben bereitet man durch Eintragen von Jodcadmium in eine concentrirte kochende Lösung von Jodkalium bis zur Sättigung und Zumischen eines gleichen Volumens kalt gesättigter Jodkaliumlösung. Die concentrirte Lösung ist haltbar, die verdünnte nicht.

***) Zur Darstellung des Reagens erhitzt man 32 Thle. Schwefelwismuth in einer schwer schmelzbaren, am einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre mit 41,5. Thln. Jod,

(10 CC. der Lösung des Alkaloidsalzes, 5 Tropfen concentrirter Schwefelsäure) erzeugt bei Nicotin, Coniin, Morphin, Narcotin, Chinin und Cinchonin, Strychnin, Brucin, Atropin und den meisten anderen Alkaloiden fast sogleich flockige, orangefarbene Niederschläge; Veratrinlösungen dagegen werden nur schwach getrübt. Die in den Salzen der erstgenannten Alkaloide entstehenden Niederschläge ballen sich beim Erhitzen etwas zusammen, bei länger fortgesetztem Kochen lösen sie sich, beim Erkalten der Lösung scheidet sich der grössere Theil der Verbindungen wieder ab. Keiner der Niederschläge ist krystallinisch. Die Abscheidung der Alkaloide aus den Niederschlägen lässt sich wie bei den durch Kalium-Cadmiumjodid entstandenen ausführen.

Phosphormolybdänsäurelösung *) wird durch die Lösungen aller Alkaloide gefällt, auch wenn deren Menge sehr gering ist. Die Niederschläge sind hellgelb, ockergelb oder bräunlichgelb, in Wasser, Alkohol, Aether und verdünnten Mineralsäuren, mit Ausnahme der Phosphorsäure, bei gewöhnlicher Temperatur unlöslich oder sehr schwer löslich, am unlöslichsten in verdünnter Salpetersäure, namentlich wenn dieselbe etwas des Reagens beigemischt enthält; auch Essigsäure ist kalt fast ohne Einfluss, aber in der Hitze wirkt sie lösend. In ätzenden und in kohlensauren Alkalien lösen sich die Niederschläge, meist unter Abscheidung des Alkaloids, leicht. Durch Schütteln der mit Alkali versetzten Lösungen mit geeigneten Lösungsmitteln (Aether, Amylalkohol, Benzol etc.) lassen sich die Alkaloide in diese überführen.

Phosphorantimonsäure, durch Eintröpfeln von Antimonsuperchlorid in wässerige Phosphorsäure zu erhalten, fällt in ähnlicher Weise wie die Phosphormolybdänsäure sowohl Ammoniak als die meisten Alkaloide (nicht gefällt wird Caffeïn). Die Reactionen sind empfindlich, aber bei den meisten Alkaloiden stehen sie in Empfindlichkeit den Phosphormolybdänsäurereactionen nach, namentlich bei Nicotin und Coniin; nur bei Atropin ist die Phosphorantimonsäure das empfindlichere Reagens. Die Niederschläge sind meist flockig und von weisslicher Färbung, nur der Brucin-Niederschlag ist rosenroth. Beim Erhitzen löst er sich, beim Erkalten

---

sammelt das Jodwismuth in einer Vorlage, reinigt es durch nochmaliges Sublimiren, erhitzt es mit Jodkaliumlösung, filtrirt heiss und setzt der Lösung ein gleiches Volumen einer kalt gesättigten Lösung von Jodkalium zu. Die concentrirte, orangefarbene Lösung hält sich, die verdünnte nicht. — Fügt man zu 10 CC. Wasser 5 Tropfen concentrirte Schwefelsäure und 1 bis 2 Tropfen des Reagens, so entsteht keine Trübung.

*) Zur Bereitung des Reagens fällt man die salpetersaure Lösung von molybdänsaurem Ammon mit gewöhnlichem phosphorsaurem Natron, wäscht den Niederschlag gut aus, suspendirt ihn in Wasser und erwärmt mit einer Lösung von kohlensaurem Natron bis zur vollständigen Auflösung. Die Lösung verdampft man zur Trockne, glüht den Rückstand, befeuchtet ihn — wenn Reduction eingetreten — mit Salpetersäure und glüht wieder. Man erwärmt ihn dann mit Wasser und löst, indem man Salpetersäure zufügt, bis diese stark vorwaltet. Aus 1 Thl. Rückstand stelle man 10 Thle. Lösung dar. Die goldgelbe Lösung muss gegen Ammoniakdämpfe geschützt aufbewahrt werden.

scheidet er sich aus der intensiv carmoisinroth bleibenden Flüssigkeit wieder ab.

Metawolframsäure*) fällt die Lösungen aller Alkaloide. Die Niederschläge sind weiss, flockig. Die Empfindlichkeit der Reactionen ist ausserordentlich gross. Saure Lösungen, die nur $^1/_{200000}$ Chinin oder Strychnin enthalten, werden noch deutlich getrübt und setzen nach 24stündigem Stehen Flöckchen am Boden des Gefässes ab.

Pikrinsäure fällt fast alle Alkaloide, auch aus Lösungen, in denen Schwefelsäure stark vorwaltet. Die Fällungen sind gelb und im Ueberschusse der Pikrinsäure nicht löslich; sie entstehen bei den meisten Alkaloiden bis zu grosser Verdünnung. — Morphin und Atropin (reines) werden nur aus neutralen und concentrirten Lösungen gefällt; die Niederschläge verschwinden beim Verdünnen mit Wasser (Caffeïn und Pseudomorphin werden nicht gefällt, ebensowenig die Glykoside).

B. Eigenschaften und Reactionen der einzelnen Alkaloide.

I. Flüchtige Alkaloide.

Die flüchtigen Alkaloide sind bei gewöhnlicher Temperatur flüssig und lassen sich sowohl im reinen Zustande, als auch mit Wasser verflüchtigen. Man erhält sie daher im Destillate, wenn man ihre Salze mit starken fixen Basen und Wasser destillirt. Ihre Dämpfe bilden, mit denen flüchtiger Säuren zusammenkommend, Nebel.

1. Nicotin ($C_{20}H_{14}N_2$).

§. 231.

1. Das Nicotin (in den Blättern und im Samen des Tabacks vorkommend) stellt im völlig reinen Zustande eine farblose, nach Einwirkung der Luft aber eine etwas gelbliche oder bräunliche, ölige Flüssigkeit dar von 1,048 specif. Gewicht. Es siedet bei 250° C.,

*) Als Reagens kann nicht nur reine Metawolframsäure, sondern auch ein mit einer Mineralsäure angesäuertes metawolframsaures Salz oder auch gewöhnliches wolframsaures Natron nach Zusatz von Phosphorsäure dienen, denn die Phosphorsäure entzieht jedem gewöhnlichen löslichen wolframsauren Salze einen Theil der Base und erzeugt so ein metawolframsaures Salz.

zersetzt sich aber dabei zum Theil, im Wasserstoffstrom dagegen destillirt es zwischen 100° und 200° C. unzersetzt über. Es löst sich in Alkohol, Aether und Wasser leicht.

Das Nicotin riecht eigenthümlich, unangenehm, etwas ätherisch, an Taback erinnernd. Beim Erhitzen entwickelt es betäubenden Tabacksgeruch. Es schmeckt scharf, brennend, wirkt sehr giftig. Es bewirkt auf Papier einen langsam wieder verschwindenden durchscheinenden Flecken, es bräunt Curcuma- und bläut geröthetes Lackmuspapier. Deutlicher als bei dem reinen Nicotin treten diese Reactionen bei seiner concentrirten wässerigen Lösung hervor.

2. Das Nicotin hat den Charakter einer ziemlich starken Base, es fällt Metalloxyde aus ihren Lösungen und bildet mit Säuren Salze. Dieselben sind nicht flüchtig, in Wasser und Weingeist leicht löslich, in Aether wie auch in Amylalkohol unlöslich, zum Theil krystallisirbar, geruchlos, aber von starkem Tabacksgeschmack. Ihre Lösungen liefern, mit Kalilauge destillirt, ein Nicotin enthaltendes Destillat. — Neutralisirt man dies mit Oxalsäure und verdampft, so erhält man oxalsaures Nicotin, welches von etwa beigemengtem oxalsaurem Ammon durch Weingeist, worin ersteres löslich, letzteres unlöslich ist, getrennt werden kann.
3. Schüttelt man eine wässerige Lösung von Nicotin oder eine mit Kali- oder Natronlauge versetzte Lösung eines Nicotinsalzes mit *Aether*, so wird das Nicotin von dem Aether aufgenommen. Lässt man denselben auf einem Uhrglase bei etwa 20 bis 30° C. verdunsten, so bleibt das Nicotin in Tropfen und Streifen zurück. Erwärmt man das Uhrglas, so verflüchtigen sich die Tropfen in weissen, stark riechenden Dämpfen.
4. *Platinchlorid* fällt wässerige Nicotinlösungen oder Nicotinsalzlösungen weisslich-gelb. Der Niederschlag ist flockig. Erhitzt man die ihn enthaltende Flüssigkeit, so löst er sich, scheidet sich aber bei fortgesetztem Erhitzen sehr bald wieder aus in Gestalt eines orangegelben, krystallinischen, schweren Pulvers, welches unter dem Mikroskop als aus rundlichen Krystallkörnern bestehend erscheint. — Versetzt man eine mit Salzsäure übersättigte ziemlich verdünnte Nicotinlösung mit Platinchlorid, so bleibt die Flüssigkeit anfangs klar. Nach einiger Zeit aber scheidet sich das Doppelsalz in, schon mit unbewaffnetem Auge erkennbaren, Kryställchen (schiefen, vierseitigen Säulen) aus.
5. *Goldchlorid*, im Ueberschuss zugesetzt, erzeugt in den Lösungen der Nicotinsalze wie auch in wässeriger Nicotinlösung einen röthlichgelben, flockigen, in Salzsäure schwer löslichen Niederschlag.
6. Eine Auflösung von *Jod in Jodkaliumlösung*, in geringer Menge zu einer wässerigen Nicotinlösung gesetzt, erzeugt einen gelben, nach einiger Zeit wieder verschwindenden Niederschlag. Fügt man mehr

Jodlösung hinzu, so entsteht ein reichlicher kermesfarbiger Niederschlag. Aber auch dieser verschwindet nach einiger Zeit wieder. Nicotinsalzlösungen werden kermesbraun gefällt.

7. Eine Auflösung von *Gerbsäure* bewirkt in wässeriger Nicotinlösung einen starken weissen Niederschlag. Fügt man etwas Salzsäure hinzu, so löst sich derselbe.

8. Fügt man zu überschüssiger *Quecksilberchloridlösung* eine wässerige Nicotinlösung, so entsteht ein reichlicher, flockiger, weisser Niederschlag. Setzt man jetzt Salmiaklösung in nicht zu geringer Menge hinzu, so löst sich derselbe ganz oder grösstentheils. Sehr bald aber trübt sich die Flüssigkeit wieder und setzt einen schweren weissen Niederschlag ab.

2. Coniin ($C_{16}H_{15}N$).

§. 232.

1. Das Coniin (im Kraut, im Samen und auch in den Blüthen des gefleckten Schierlings vorkommend) stellt eine farblose, ölige, durch Lufteinwirkung braun werdende Flüssigkeit dar von 0,88 specif. Gewicht. — Es siedet in reinem Zustande bei 168° C. und destillirt, im Wasserstoffstrom, unzersetzt über, während es, in lufthaltigen Gefässen destillirt, sich bräunt und theilweise zerlegt; mit Wasserdämpfen geht es leicht über. Es löst sich in Wasser schwierig. 100 Thle. Wasser von mittlerer Temperatur nehmen 1 Thl. Coniin auf. Die Lösung trübt sich beim Erwärmen, klärt sich aber wieder in der Kälte. Mit Weingeist und Aether mischt sich Coniin in allen Verhältnissen. — Die wässerige und alkoholische Lösung zeigen stark alkalische Reaction.

   Das Coniin hat einen sehr starken, widerlich stechenden, den Kopf einnehmenden Geruch, einen höchst scharfen und widerlichen Geschmack und wirkt sehr giftig.

2. Das Coniin ist eine starke Basis, fällt daher Metalloxyde aus ihren Lösungen ähnlich dem Ammon und bildet mit Säuren Salze; dieselben sind in Wasser und Weingeist löslich, auch Aether löst manche Coniinsalze, z. B. das schwefelsaure, etwas. Das salzsaure Coniin krystallisirt leicht; die kleinste Menge Coniin mit einer Spur Salzsäure zusammengebracht, liefert in kürzester Zeit eine entsprechende Menge nicht zerfliesslicher rhombischer Krystalle (Th. Wertheim), das schwefelsaure Coniin krystallisirt erst nach sehr langem Stehen*). — Die Lösungen der Coniinsalze färben sich beim Verdampfen unter theilweiser Zersetzung des Coniins bräunlich. Die Salze

*) Zeitschr. f. analyt. Chem. I. 397.

zeigen trocken keinen, befeuchtet einen nur schwachen Coniingeruch, entwickeln ihn aber sofort stark, wenn Natronlauge hinzugefügt wird; destillirt man dann, so geht ein coniinhaltiges Destillat über. Neutralisirt man dasselbe mit Oxalsäure, verdampft und behandelt den Rückstand mit Weingeist, so löst sich das oxalsaure Coniin, während etwa beigemengtes oxalsaures Ammon ungelöst bleibt.

Da das Coniin in Wasser schwer und in wässerigen Alkalien noch schwerer löslich ist, so trübt sich eine concentrirte Coniinsalzlösung milchig, wenn man Natronlauge zusetzt. Die anfangs ausgeschiedenen Tröpfchen vereinigen sich allmählich und sammeln sich auf der Oberfläche.

3. Schüttelt man die wässerige Auflösung eines Coniinsalzes mit *Natronlauge* und *Aether*, so wird das Coniin von dem Aether aufgenommen. Lässt man denselben auf einem Uhrglase bei etwa 20 bis 30° C. verdunsten, so bleibt das Coniin in gelblich gefärbten öligen Tropfen zurück.
4. *Goldchlorid* erzeugt in Coniin oder Coniinsalzlösungen einen gelblichweissen, in Salzsäure nicht löslichen Niederschlag. *Quecksilberchlorid* liefert mit Coniin einen starken weissen, in Salzsäure löslichen Niederschlag. *Platinchlorid* fällt eine etwas verdünnte wässerige Lösung der Coniinsalze nicht, denn die dem Platinsalmiak entsprechende Coniinverbindung ist zwar in Weingeist und Aether unlöslich, aber in Wasser ziemlich löslich. Auch beim Kochen mit Weingeist löst sich das Doppelsalz. Beim Erkalten scheidet es sich amorph aus.
5. Zu einer Lösung von *Jod in Jodkalium* und Wasser, sowie zu *Gerbsäurelösung* verhält sich Coniin wie Nicotin.
6. *Chlorwasser* erzeugt in einer Mischung von Wasser und Coniin eine starke weisse Trübung.

Die flüchtigen Alkaloide sind am leichtesten im reinen Zustande zu erkennen. Man wird daher zu ihrer Erkennung stets zunächst danach trachten, sie im reinen Zustande zu erhalten. Der Weg, welcher dazu gelangen lässt, ist bei Nicotin wie Coniin der nämliche und oben bereits bezeichnet. Man destillirt unter Zusatz von Natronlauge, neutralisirt durch Oxalsäure, verdampft, löst in Alkohol, lässt die Lösung verdunsten, nimmt den Rückstand mit Wasser auf, fügt Natronlauge zu, schüttelt mit Aether und lässt die ätherische Lösung verdunsten. Das Coniin unterscheidet sich vom Nicotin namentlich durch seinen Geruch, seine Schwerlöslichkeit in Wasser und sein Verhalten zu Chlorwasser.

II. Nicht flüchtige Alkaloide.

Die nicht flüchtigen Alkaloide sind fest, sie lassen sich mit Wasser nicht überdestilliren.

Erste Gruppe.

Nicht flüchtige Alkaloide, welche aus den Lösungen ihrer Salze durch Kali oder Natron gefällt und im Ueberschusse des Fällungsmittels mit Leichtigkeit wieder gelöst werden.

Von den hier in Betracht kommenden Alkaloiden gehört in diese Gruppe nur

Morphin ($C_{34}H_{19}NO_6 = \overset{+}{M}o$).

§. 233.

1. Das Morphin kommt (neben den Alkaloiden Codeïn, Thebaïn, Papaverin, Narcotin und Narceïn und neben Mekonsäure und Mekonin) im Opium, dem eingetrockneten Milchsafte der grünen Samenkapseln des Mohns (*Papaver somniferum*) vor. Das krystallisirte Morphin ($\overset{+}{M}o + 2$ aq.) stellt in der Regel farblose, glänzende, rhombische Säulen oder (durch Fällung erhalten) ein weisses, krystallinisches Pulver dar. Es schmeckt bitterlich, löst sich sehr schwierig in kaltem, etwas leichter in kochendem Wasser. Kalter Alkohol löst etwa $^1/_{90}$, kochender $^1/_{30}$ bis $^1/_{20}$ seines Gewichts. Die Auflösungen reagiren, ebenso wie die in heissem Wasser, deutlich alkalisch. In Aether ist das Morphin, namentlich im krystallisirten Zustande, fast unlöslich, in Amylalkohol, namentlich heissem, löst es sich, in Benzol ist es unlöslich (Rodgers), in Chloroform sehr schwer löslich (Pettenkofer). Bei mässiger Hitze verliert das krystallisirte Morphin die beiden Aequivalente Wasser. — Bei vorsichtiger stärkerer Erhitzung lässt sich das Morphin unzersetzt sublimiren *).

*) Ueber die Art, wie dies am zweckmässigsten zu bewerkstelligen, und die Verwerthung des Sublimates zu mikroskopischer Diagnose vergl. Helwig (Zeitschr. f. analyt. Chem. 3. 43), ausführlicher und durch Abbildungen photographirter mikroskopischer Präparate erläutert in „das Mikroskop in der Toxikologie von Dr. A. Helwig", Mainz bei V. von Zabern 1864. — Ich bemerke dazu, dass es zum Gelingen der interessanten Versuche nothwendig ist, dass die Alkaloide vollkommen rein und frei von allen anhaftenden fremden organischen Substanzen sind.

2. Das Morphin neutralisirt Säuren vollständig und bildet damit die Morphinsalze. Dieselben sind meistens krystallisirbar, leicht löslich in Wasser und Weingeist, unlöslich in Aether und Amylalkohol, von widerlich bitterem Geschmack.

3. Kali und Ammon schlagen aus den Auflösungen der Morphinsalze (meistens erst nach einiger Zeit) $\dot{M}o + 2$ aq. in Gestalt eines weissen, krystallinischen Pulvers nieder. Umrühren und Reiben der Glaswände unter der Flüssigkeit befördert seine Abscheidung. Der Niederschlag löst sich sehr leicht in überschüssigem Kali, schwieriger in Ammon; auch von Chlorammonium und kohlensaurem Ammon wird er, von letzterem aber nur schwierig, gelöst. Beim Schütteln einer Auflösung von Morphin in Kali- oder Natronlauge mit Aether geht nur wenig Morphin in die Aetherlösung über, beim Schütteln mit warmem Amylalkohol aber alles.

4. Kohlensaures Kali und kohlensaures Natron bewirken denselben Niederschlag, wie Kali und Ammon. Im Ueberschusse der Fällungsmittel ist er unlöslich. Setzt man daher zu einer Lösung von Morphin in kaustischem Kali ein fixes doppelt-kohlensaures Alkali oder leitet man Kohlensäure ein, so scheidet sich, namentlich nach vorhergegangenem Kochen, $\dot{M}o + 2$ aq. als krystallinisches Pulver ab. Bei genauerer Betrachtung, namentlich mit der Loupe, sieht man deutlich, dass es aus kleinen spiessigen Krystallen besteht; bei 100facher Vergrösserung erscheinen dieselben als rhombische Säulen.

5. Doppelt-kohlensaures Natron oder Kali schlagen aus den Lösungen neutraler Morphinsalze nach ganz kurzer Zeit wasserhaltiges Morphin als Krystallpulver nieder. Der Niederschlag ist im Ueberschusse der Fällungsmittel unauflöslich. Angesäuerte Morphinsalzlösungen werden in der Kälte nicht gefällt.

6. Bringt man Morphin oder eine Morphinverbindung in fester Form oder in concentrirter Lösung mit starker Salpetersäure zusammen, so erhält man eine gelbrothe Flüssigkeit. Bei Zusatz von Zinnchlorür entsteht keine violette Färbung (Unterschied von Brucin). Verdünnte Lösungen verändern ihre Farbe nach dem Zusatze von Salpetersäure in der Kälte nicht, beim Erhitzen nehmen sie eine gelbe Farbe an.

7. Uebergiesst man Morphin oder eine Morphinverbindung mit 4 bis 6 Tropfen reiner concentrirter Schwefelsäure und erwärmt im Wasserbade etwa 15 Minuten lang, so erfolgt Auflösung ohne Färbung; fügt man nach dem Erkalten 8 bis 20 Tropfen einer etwas

Salpetersäure enthaltenden Schwefelsäure*) und dann 2 bis 3 Tropfen Wasser zu, so erfolgt violettrothe Färbung (gelindes Erwärmen begünstigt die Reaction), und bringt man endlich 4 bis 6 linsengrosse Stückchen pulverfreien Braunsteins oder ein Körnchen chromsaures Kali (Otto) hinzu, so färbt sich die Flüssigkeit intensiv mahagonibraun. Verdünnt man dann in einem abzukühlenden Proberöhrchen mit 4 Theilen Wasser und fügt Ammon zu, bis fast neutral, so entsteht eine schmutziggelbe Färbung, die beim Uebersättigen mit Ammon braunroth wird, ohne einen bemerkenswerthen Niederschlag abzusetzen (J. Erdmann). — Nach A. Husemann**) tritt die Violettfärbung der schwefelsauren Morphinlösung durch Salpetersäure erst ein, wenn das Morphin eine Veränderung erlitten hat. Sie erfolgt sogleich, wenn man die Auflösung in concentrirter Schwefelsäure über 100° (aber ohne Ueberschreitung von 150°) erhitzt. Lässt man nach dem Erkalten einen Tropfen Salpetersäure in die Lösung fallen, so entsteht prachtvolle dunkelviolette Färbung, die sich am Saume mehrere Minuten hält, im Centrum aber bald in ein dunkles Blutroth übergeht, welches allmählich, aber ziemlich langsam, blasser wird. Unterchlorigsaures Natron wirkt wie Salpetersäure. — Beim Erhitzen des Morphins mit Schwefelsäure über 150° C. tritt eine vorübergehende hellroth-violette und endlich eine schmutzig grünliche Färbung ein. Trifft eine solche überhitzte und gefärbte Morphinlösung nach dem Erkalten mit Salpetersäure zusammen, so erhält man keine blauviolette, sondern sogleich rothe Färbung.

8. Bringt man zu einer Auflösung von Molybdänsäure in concentrirter Schwefelsäure (5 Milligramme molybdänsaures Natron auf 1 CC. concentrirte Schwefelsäure), welche sich zweckmässig in einer kleinen Porzellanschale oder einem Uhrglase befindet, Morphin oder ein Morphinsalz in trocknem Zustande und mischt mit einem Glasstäbchen, so entsteht sofort eine prächtig rothviolette Färbung, die jedoch nach einiger Zeit schmutzig grünlichbraun wird. Bei weiterer Lufteinwirkung färbt sich die Flüssigkeit vom Rande aus intensiv dunkelblau, welche Färbung sich stundenlang erhält (Fröhde***). Setzt man zu der blau gewordenen Flüssigkeit Wasser, so verschwindet die blaue Färbung und man erhält eine schwach trübe, schmutzig braune Flüssigkeit, welche — filtrirt — ein braunes Filtrat liefert. (Unterschied von Salicin.)

9. Neutrales Eisenchlorid färbt concentrirte neutrale Lösungen von Morphinsalzen schön dunkelblau. Freie Säure macht die Färbung verschwinden. Enthalten die Lösungen thierische oder vegeta-

*) Die Säure ist auf folgende Art zu bereiten: Man nehme 6 Tropfen einer Salpetersäure von 1,25 specif. Gewicht und mische sie mit 100 CC. Wasser. Davon lasse man 10 Tropfen zu 20 Grm. reiner concentrirter Schwefelsäure fliessen. — **) Zeitschr. f. analyt. Chem. 3. 150. — ***) Ebend. 5, 214.

bilische Extractivstoffe oder essigsaure Salze beigemischt, so wird die Färbung unrein und minder deutlich.

10. Bringt man Jodsäure mit einer Lösung von Morphin oder mit der eines Morphinsalzes zusammen, so scheidet sich Jod ab. Waren die Lösungen wässerig und concentrirt, so erscheint es als kermesbrauner Niederschlag, waren sie alkoholisch oder verdünnt, so ertheilt es denselben eine braune oder gelbbraune Farbe. Setzt man der Flüssigkeit vor oder nach dem Zusatze der Jodsäure Stärkekleister zu, so wird die Empfindlichkeit der Reaction bedeutend gesteigert, indem die blaue Färbung des entstehenden Jodamylums bis zu weit grösserer Verdünnung sichtbar ist, als die braune des Jods. Am empfindlichsten gestaltet sich die Reaction, wenn man die Jodsäurelösung mit etwas Stärkekleister versetzt und das Morphinsalz in festem Zustande einträgt. — Dass man das durch Morphin in Freiheit gesetzte Jod der Wasserlösung durch Schwefelkohlenstoff entziehen und auch so die Empfindlichkeit der Reaction steigern kann, bedarf kaum besonderer Erwähnung. — Da andere stickstoffhaltige Körper (Eiweiss, Caseïn, Fibrin etc.) die Jodsäure ebenfalls reduciren, so hat die blosse Jodabscheidung nur einen relativen Werth; fügt man aber nach Zusatz der Jodsäure Ammon zu, so wird, wenn die Jodausscheidung durch andere Substanzen bedingt war, die Flüssigkeit farblos, während bei Morphin eine viel intensivere Färbung entsteht (Lefort*).
11. Gerbsäure fällt die wässerigen Lösungen der Morphinsalze, wenn sie nicht allzu verdünnt sind, weiss. Der Niederschlag ist in Säuren leicht löslich.

Zweite Gruppe.

Nicht flüchtige Alkaloide, welche aus den Lösungen ihrer Salze durch Kali niederfallen, ohne von einem Ueberschusse des Fällungsmittels in erheblicher Menge gelöst zu werden, und welche durch doppelt-kohlensaures Natron auch aus sauren Lösungen Fällung erleiden, sofern dieselben nicht verdünnter sind als 1 : 100; Narcotin, Chinin, Cinchonin.

a. Narcotin ($C_{46}H_{25}NO_{14} = \overset{+}{N}a$).

§. 234.

1. Das Narcotin findet sich neben Morphin etc. (vergl. S. 431) im Opium.

Das krystallisirte Narcotin ($\overset{+}{N}a$ + aq.) stellt in der Regel farblose,

*) Lefort (Zeitschr. für analyt. Chem. 1. 134) empfiehlt zur sicheren Entdeckung kleiner Morphiummengen folgende Art, die Reactionen hervorzurufen: Man tränke Streifen

glänzende, gerade rhombische Säulen, oder (durch Alkalien gefällt) ein weisses, lockeres, krystallinisches Pulver dar. In Wasser ist es unlöslich, in Alkohol und Aether löst es sich in der Kälte schwer, beim Erhitzen wird es etwas leichter aufgenommen. In Chloroform löst es sich sehr leicht, in Amylalkohol schwer, in Benzol leichter. In Substanz ist es geschmacklos, seine alkoholische oder ätherische Lösung schmeckt sehr bitter. Pflanzenfarben verändert es nicht. Bei 170° C. schmilzt es unter Verlust von 1 Aeq. Wasser.

2. Das Narcotin löst sich leicht in Säuren, indem es sich mit denselben zu Salzen vereinigt. Diese reagiren immer sauer. Die mit schwachen Säuren werden durch viel Wasser und, wenn die Säuren flüchtig sind, auch beim Abdampfen zersetzt Die meisten sind unkrystallisirbar und auflöslich in Wasser, Alkohol und Aether; sie schmecken bitter.

3. Reine, einfach- und doppelt-kohlensaure Alkalien fällen aus den Auflösungen der Narcotinsalze $\overset{+}{N}a$ + aq. sogleich als weisses Pulver, welches sich bei 100facher Vergrösserung als ein Aggregat kleiner, nadelförmiger Krystalle zu erkennen gibt. Im Ueberschuss der Fällungsmittel ist der Niederschlag unlöslich. — Versetzt man eine Narcotinsalzlösung mit Ammon und mischt alsdann Aether in nicht zu geringer Menge zu, so erhält man, indem sich das abgeschiedene Alkaloid im Aether löst, zwei klare Schichten. Lässt man einen Tropfen der ätherischen Lösung auf einer Glasplatte verdampfen und betrachtet den Rückstand bei 100facher Vergrösserung, so sieht man, dass er aus deutlichen, langgestreckten, zum Theil spiessigen Kryställchen besteht.

4. Von concentrirter Salpetersäure wird das Narcotin zu einer farblosen, beim Erwärmen rein gelb werdenden Flüssigkeit aufgenommen.

5. Uebergiesst man Narcotin mit concentrirter Schwefelsäure, so finden Erscheinungen statt, welche bei verschiedenen Narcotinsorten nicht gleich sind. Das scheinbar reinste färbt sich schön blauviolett, die entstehende gleichgefärbte Lösung wird in kurzer Zeit schmutzig orangegelb, andere Sorten färben sich rein gelb und geben sogleich gelbe Lösung *). Erwärmt man die Lösung, einerlei ob sie von Anfang an gelb war oder erst durch Violett in Gelb übergegangen

---

von sehr weissem ungeleimtem Papier mit der Morphiumlösung, trockne und wiederhole die Operation mehrere Male, so dass schliesslich eine ziemliche Menge der Flüssigkeit von dem Papiere aufgenommen ist, welches nun das Morphium in festem, fein zertheiltem Zustande enthält. Salpetersäure, Eisenchlorid sowie Jodsäure und Ammon zeigen auf dem so präparirten Papiere die charakteristischen Reactionen sicher und leicht.

*) Worin der Grund dieses abweichenden Verhaltens liegt, ist noch unbekannt.

ist, in einem weissen Schälchen sehr allmählich, so wird sie zunächst orangeroth, dann bilden sich vom Rande ausgehende, prachtvolle, blauviolette, bisweilen rein purpurblaue Streifen, und endlich wird die Flüssigkeit bei der Temperatur, bei welcher die Schwefelsäure zu verdampfen beginnt, intensiv rothviolett. Unterbricht man das Erhitzen, wenn die blauen Färbungen eingetreten oder eben das Rothviolett sich zu zeigen beginnt, so nimmt die Lösung in der Kälte langsam kirschrothe Farbe an. Die Reaction ist sehr empfindlich (Husemann*).

6. Fügt man der kalt bereiteten Lösung des Narcotins in concentrirter Schwefelsäure 8 bis 20 Tropfen einer etwas Salpetersäure enthaltenden Schwefelsäure**) und dann 2 bis 3 Tropfen Wasser hinzu, so wird die Flüssigkeit intensiv roth. Schwaches Erwärmen begünstigt die Reaction. Zusatz von Braunstein ändert die Färbung nicht wesentlich. Fügt man nach dem Verdünnen Ammon zu bis fast neutral, so mindert sich die Intensität der Färbung in Folge der Verdünnung. Beim Vorwalten des Ammons endlich entsteht ein reichlicher dunkelbrauner Niederschlag (J. Erdmann). — Versetzt man die kalt bereitete Lösung des Narcotins in concentrirter Schwefelsäure mit etwas unterchlorigsaurem Natron, so tritt erst deutliche und etwas beständige Carmoisinfärbung, dann gelbrothe Färbung ein. — Die durch Erhitzen gefärbten Auflösungen des Narcotins in concentrirter Schwefelsäure werden durch Salpetersäure wie durch unterchlorigsaures Natron sofort hellgelb und erst allmählich tritt eine mehr röthliche Färbung ein (Husemann).
7. Versetzt man die Auflösung eines Narcotinsalzes mit Chlorwasser, so wird sie gelb mit einem Stich ins Grüne, fügt man Ammon zu, so erhält man eine weit intensiver gefärbte, gelbrothe Flüssigkeit.
8. Löst man Narcotin oder eine Verbindung desselben in einem Ueberschusse verdünnter Schwefelsäure, setzt etwas fein gepulverten Braunstein zu und erhält ein paar Minuten im Kochen, so bekommt man nach dem Filtriren eine Flüssigkeit, aus der Ammon kein Narcotin mehr fällt. Das letztere ist nämlich durch Aufnahme von Sauerstoff übergegangen in Opiansäure, Cotarnin (eine in Wasser lösliche Basis) und Kohlensäure.
9. Gerbsäure erzeugt in Narcotinsalzlösungen weissliche Fällung, bei starker Verdünnung nur Trübung. Bei Zusatz eines Tropfens Salzsäure tritt dann Fällung ein. Der Niederschlag ist in Salzsäure nur wenig löslich.

---

*) Zeitschr. f. analyt. Chem. 3. 151. — **) Die Bereitung derselben siehe S. 433 in der Anmerkung.

b. Chinin ($C_{40}H_{24}N_2O_4 = \overset{+}{Ch}$).

§. 235.

1. Das Chinin kommt in den echten Chinarinden vor. Neben ihm findet sich namentlich noch Cinchonin. Das krystallisirte Chinin ($\overset{+}{Ch}$ + 6 aq.) erscheint entweder in Form feiner, seidenartig glänzender, oft büschelförmig vereinigter Nadeln, oder als ein lockeres, weisses Pulver. In kaltem Wasser ist es schwer, in heissem etwas leichter löslich. Weingeist nimmt es sowohl in der Kälte als Wärme leicht auf, weniger leicht löslich ist es in Aether. Es schmeckt sehr bitter, seine Lösungen reagiren alkalisch. Beim Erwärmen verliert es die 6 Aeq. Wasser.
2. Säuren neutralisirt das Chinin vollständig. Die neutralen Salze sind meist krystallisirbar, schwer löslich in kaltem, leichter löslich in heissem Wasser sowie in Weingeist, von sehr bitterem Geschmack. Die sauren Salze lösen sich sehr leicht in Wasser, die Lösungen schillern bläulich. Lässt man mittelst einer Linse einen Lichtkegel seitlich oder von oben in sie einfallen, so entsteht selbst bei höchst verdünnten Lösungen ein blauer Lichtkegel.
3. Kali, Ammon, sowie die einfach-kohlensauren Alkalien fällen aus den Lösungen der Chininsalze, wenn sie nicht zu verdünnt sind, mit Wasser verbundenes Chinin als weisses, lockeres, unter dem Mikroskop unmittelbar nach der Fällung undurchsichtig und amorph, nach längerer Zeit als ein Aggregat nadelförmiger Krystalle erscheinendes Pulver. Der Niederschlag löst sich kaum in überschüssigem Kali, leichter in Ammon. Von den fixen kohlensauren Alkalien wird er kaum leichter gelöst, als von reinem Wasser. Salmiak erhöht seine Löslichkeit in Wasser. Versetzt man eine Chininsalzlösung mit Ammon und schüttelt mit Aether, so verschwindet der Niederschlag und es bilden sich zwei klare Flüssigkeitsschichten. (Wesentlicher Unterschied von Cinchonin, welches man daher mittelst dieser Reaction leicht neben Chinin erkennen und von diesem trennen kann.)
4. Doppelt-kohlensaures Natron bewirkt ebenfalls, und zwar sowohl in neutralen wie sauren Lösungen, einen weissen Niederschlag. Sind angesäuerte Lösungen so verdünnt, dass sie auf 1 Chinin 100 Säure und Wasser enthalten, so entsteht der Niederschlag sogleich, bei dem Verhältniss 1 : 150 scheidet er sich nach 1 bis 2 Stunden in Form von deutlichen, zu Gruppen vereinigten Nadeln aus, bei dem Verhältniss 1 : 200 bleibt die Flüssigkeit klar, erst etwa nach 12 bis 24 Stunden zeigt sich eine geringe Ausscheidung. — Der Niederschlag ist in dem Fällungsmittel nicht völlig unlöslich, daher die Abscheidung um so vollständiger, je geringer der Ueberschuss desselben; er enthält Kohlensäure.

5. Von concentrirter Salpetersäure wird das Chinin zur farblosen, beim Erhitzen gelblich werdenden Flüssigkeit aufgelöst.

6. Versetzt man die Auflösung eines Chininsalzes mit Chlorwasser, so färbt sie sich nicht oder kaum, fügt man Ammon zu, so entsteht eine intensiv smaragdgrüne Lösung. — Setzt man nach Zusatz des Chlorwassers etwas Ferrocyankaliumlösung, dann ein paar Tropfen Ammon (oder auch ein anderes Alkali) zu, so färbt sich die Flüssigkeit prächtig tief roth. Die Farbe geht bald in schmutzig braun über. Die Reaction ist empfindlich und charakteristisch. Fügt man zu der rothen Flüssigkeit eine Säure, am besten Essigsäure, so verschwindet die Farbe, erscheint aber wieder bei vorsichtigem Zusatz von Ammon. (O. Livonius, briefl. Mitth.; A. Vogel.)

7. Concentrirte Schwefelsäure löst reines Chinin oder reine Chininverbindungen zur farblosen oder doch kaum gelblichen Flüssigkeit, beim Erwärmen nimmt die gelbe Färbung zu, beim Erhitzen wird die Flüssigkeit braun. Salpetersäure enthaltende Schwefelsäure löst Chinin zu einer farblosen oder kaum gelblich gefärbten Flüssigkeit.

8. Gerbsäure bewirkt in den wässerigen Lösungen der Chininsalze einen weissen Niederschlag, bis zu grosser Verdünnung. Derselbe ist käsig und ballt sich beim Erwärmen zusammen, in Essigsäure löst er sich.

9. In Betreff der von Herapath angegebenen Reaction auf Chinin, welche sich auf die polarisirenden Eigenschaften des schwefelsauren Jodchinins gründet, vergl. Phil. Mag. VI. 171; — Journ. f. prakt. Chem., Bd. 61. S. 87.

c. Cinchonin ($C_{40}H_{24}N_2O_2 = \overset{+}{Ci}$).

§. 236.

1. Das Cinchonin (neben Chinin in den echten Chinarinden vorkommend) stellt entweder wasserhelle, glänzende, rhombische Prismen, oder feine weisse Nadeln, oder endlich (durch Fällung aus concentrirten Lösungen erhalten) ein lockeres, weisses Pulver dar. Im Anfange geschmacklos, entwickelt es später einen bitteren Chinageschmack. In kaltem Wasser ist es so gut wie nicht, in heissem überaus schwierig löslich. In kaltem wasserhaltigem Weingeist löst sich das Cinchonin wenig, leichter in heissem, am leichtesten in absolutem Alkohol. Aus den heissen alkoholischen Lösungen krystallisirt der grösste Theil des gelöst gewesenen Cinchonins beim Erkalten heraus. Die

Lösungen schmecken bitter und reagiren alkalisch. — Von Aether wird es nicht aufgenommen*).

2. Säuren neutralisirt das Cinchonin vollständig. Die Salze sind von bitterem Chinageschmack, meistens krystallisirbar, in der Regel leichter löslich in Wasser und Weingeist, als die entsprechenden Chininsalze. Von Aether werden sie nicht gelöst.

3. Erhitzt man Cinchonin vorsichtig, so schmilzt es zuerst (ohne Wasserverlust), alsdann erheben sich weisse Dämpfe, welche sich an kalte Körper, ähnlich der Benzoësäure, in Gestalt kleiner glänzender Nadeln oder als lockeres Sublimat anlegen. Gleichzeitig verbreitet sich ein eigenthümlicher, aromatischer Geruch. Erhitzt man es in einem Strome von Wasserstoffgas, so erhält man lange glänzende Prismen (Hlasiwetz).

4. Kali, Ammon und neutrale kohlensaure Alkalien fällen aus den Lösungen der Salze Cinchonin als lockeren, weissen Niederschlag. Derselbe ist in einem Ueberschusse der genannten Fällungsmittel nicht löslich. War die Lösung concentrirt, so erscheint der Niederschlag auch bei 200facher Vergrösserung nur undeutlich krystallinisch, war sie aber so verdünnt, dass sich der Niederschlag erst nach einigem Stehen bildete, so erscheint er unter dem Mikroskop als aus deutlichen, sternförmig vereinigten Nadeln bestehend.

5. Doppelt-kohlensaures Natron oder Kali fällen sowohl aus neutralen als auch angesäuerten Lösungen von Cinchoninsalzen Cinchonin in der unter 4 besprochenen Gestalt, jedoch nicht so vollständig, als die einfach-kohlensauren Alkalien. In Lösungen, welche auf 1 Cinchonin 200 Wasser + Säure enthalten, entsteht noch der Niederschlag sogleich, seine Menge vermehrt sich beim Stehen.

6. Von concentrirter Schwefelsäure wird das Cinchonin zu einer farblosen, beim Erwärmen braun und endlich schwarz werdenden Flüssigkeit aufgenommen. — Bei Zusatz von etwas Salpetersäure ist die Lösung in der Kälte ebenfalls farblos, beim Erwärmen geht sie durch Gelbbraun und Braun in Schwarz über.

7. Versetzt man die Auflösung eines Cinchoninsalzes mit Chlorwasser, so färbt sie sich nicht, fügt man Ammon zu, so entsteht ein gelblich-weisser Niederschlag.

8. Versetzt man die Lösung eines Cinchoninsalzes, welche keine oder doch nur eine sehr geringe Menge freier Säure enthält, mit Ferrocyankalium, so entsteht ein flockiger Niederschlag von Ferrocyan-

*) Das käufliche Cinchonin enthält in der Regel ein in Aether lösliches Alkaloid (Cinchotin) beigemengt. — Dieses krystallisirt in grossen, diamantglänzenden, rhomboidalen Krystallen, die in der Wärme schmelzen und weder für sich noch im Wasserstoffstrom sublimirbar sind (Hlasiwetz).

Cinchonin. Setzt man einen Ueberschuss des Fällungsmittels zu und erwärmt ganz langsam, so löst sich der Niederschlag, scheidet sich aber beim Erkalten in goldgelben glänzenden Schüppchen oder langen, oft fächerartig vereinigten Nadeln aus. Nimmt man zu ihrer Beobachtung das Mikroskop zu Hülfe, so ist die Reaction ebenso empfindlich als charakteristisch (Ch. Dollfus, — Bill, — Seligsohn).

9. Gerbsäure fällt wässerige Cinchoninsalzlösungen weiss, flockig. Der Niederschlag löst sich in wenig Salzsäure, fällt aber bei Zusatz von mehr Salzsäure wieder nieder.

Zusammenstellung und Bemerkungen.

§. 237.

Die Unlöslichkeit des Cinchonins in Aether gibt, da Narcotin und Chinin darin löslich sind, das beste Mittel an die Hand, die Alkaloide der zweiten Gruppe von einander zu scheiden. Man versetzt nämlich die wässerige Lösung ihrer Salze mit Ammon im Ueberschuss, dann mit Aether. Cinchonin scheidet sich aus, Chinin und Narcotin befinden sich in der ätherischen Lösung. Verdunstet man dieselbe, löst den Rückstand in Salzsäure und soviel Wasser, dass die Verdünnung 1 : 200 beträgt, und fügt alsdann doppelt-kohlensaures Natron zu, so schlägt sich das Narcotin nieder, während das Chinin gelöst bleibt. Durch Abdampfen der Lösung und Behandeln mit Wasser wird es isolirt erhalten*).

Dritte Gruppe.

Nicht flüchtige Alkaloide, welche aus den Lösungen ihrer Salze durch Kali niederfallen, ohne von einem Ueberschusse des Fällungsmittels in erheblicher Menge gelöst zu werden**), die aber durch doppelt-kohlensaure fixe Alkalien aus sauren Auflösungen keine Fällung erleiden, auch wenn dieselben ziemlich concentrirt sind: Strychnin, Brucin, Veratrin, Atropin.

a. Strychnin ($C_{42}H_{22}N_2O_4 = \overset{+}{S}r$).

§. 238.

1. Das Strychnin (neben Brucin in verschiedenen Strychnos-Arten, namentlich den Früchten von nux vomica (den Krähenaugen) und den Früchten von Strychnos Ignatii (den Ignatiusbohnen) vorkommend)

*) Gilt es das Chinin nicht allein von Cinchonin, sondern auch von den anderen in den Chinarinden vorkommenden oder durch Umwandlung aus jenen entstehenden, vor der Hand nicht officinellen Chinabasen (αChinidin, βChinidin, γChinidin, Cinchonidin) zu unterscheiden, so genügt die Prüfung mit Ammon und Aether nicht, da, wie G. Kerner (Zeitschr. für analyt. Chem. 1, 150) gezeigt hat, auch einige von diesen anderen Alkaloiden in Aether sich ziemlich leicht lösen. Qualitative Reactionen allein lassen überhaupt diesen Zweck nicht erreichen, wohl aber kommt man zum Ziele mit Hülfe

stellt entweder weisse, glänzende, rhombische Säulen oder (durch Fällung oder schnelles Abdampfen erhalten) ein weisses Pulver dar. Es schmeckt überaus bitter. In kaltem Wasser ist es so gut wie nicht, in heissem kaum löslich. Absoluter Alkohol und Aether lösen es kaum, wasserhaltiger Weingeist schwierig. In Amylalkohol, besonders in heissem, löst es sich leicht, ebenso in Benzol (Rodgers) und Chloroform (Pettenkofer). Beim Erhitzen schmilzt es nicht. Bei vorsichtigem Erhitzen lässt es sich unverändert sublimiren (Helwig), vergl. die Anmerk. zu §. 233. 1.

2. Säuren neutralisirt das Strychnin vollständig. Die Strychninsalze sind meist krystallisirbar und in Wasser löslich. Alle haben einen unerträglich bitteren Geschmack und sind, wie auch das reine Strychnin, im höchsten Grade giftig.

3. Kali und kohlensaures Natron fällen die Salzlösungen weiss. Der Niederschlag (Strychnin) ist im Ueberschuss der Fällungsmittel unlöslich. Unter dem Mikroskop sieht man schon bei 100-facher Vergrösserung, dass der Niederschlag ein Aggregat kleiner nadelförmiger Krystalle ist; bei verdünnten Lösungen erscheint derselbe erst nach einiger Zeit und stellt dann, schon dem unbewaffneten Auge sichtbare, Nadeln dar.

4. Ammon bringt denselben Niederschlag hervor wie Kali. Derselbe löst sich in überschüssig zugesetztem Fällungsmittel. Nach kurzer (bei grosser Verdünnung längerer) Zeit krystallisirt jedoch das Strychnin in, schon dem blossen Auge deutlich sichtbaren, nadelförmigen Krystallen aus der ammonhaltigen Lösung heraus.

5. Versetzt man eine neutrale Lösung eines Strychninsalzes mit doppelt-kohlensaurem Natron, so scheidet sich nach kurzer Zeit Strychnin in feinen Nadeln aus. In einem Ueberschusse des Fällungsmittels ist es unlöslich. Setzt man aber einen Tropfen Säure zu (so wenig, dass die Flüssigkeit noch alkalisch bleibt), so löst sich der entstandene Niederschlag in der frei werdenden Kohlensäure mit Leichtigkeit. Versetzt man eine saure Strychninlösung mit doppelt-kohlensaurem Natron, so entsteht kein Niederschlag. Erst nach 24 Stunden oder noch längerer Zeit krystallisirt, in dem Maasse als die freie Kohlensäure entweicht, Strychnin in deutlichen Prismen heraus. Kocht man eine mit doppelt-kohlensaurem Natron übersättigte Lösung eine Zeit lang, so entsteht, wenn die Lösung

---

eines einfachen maassanalytischen Verfahrens. Es gründet sich darauf, dass das aus der Lösung des schwefelsauren Salzes durch Ammon ausgeschiedene Chinin zur Wiederlösung weniger Ammon gebraucht, als alle anderen Chinaalkaloide, und ist von G. Kerner a. a. O. genau beschrieben worden. — Ueber die Unterscheidung des Chinins vom Chinidin vergl. auch Schwarzer (Zeitschr. f. analyt. Chem. 4. 129) und über die Unterscheidung der Chinaalkaloide insgesammt namentlich auch van der Burg (Zeitschr. f. analyt. Chem. 4. 273).

**) In Betreff des Atropins vergl. übrigens §. 241. 4.

concentrirt war, sogleich, wenn sie verdünnt war, erst nach dem Einengen ein Niederschlag.

6. Versetzt man eine Strychninsalzlösung mit Schwefelcyankalium, so entsteht bei concentrirten Lösungen sogleich, bei verdünnteren nach einiger Zeit, ein weisser, krystallinischer Niederschlag, der sich unter dem Mikroskop als aus platten, abgestutzten oder in spitzem Winkel zugeschärften Nadeln bestehend darstellt und im Ueberschusse des Fällungsmittels wenig löslich ist.

7. Quecksilberchlorid bewirkt in Strychninsalzlösungen einen weissen Niederschlag, der sich nach einiger Zeit in, mit der Loupe deutlich erkennbare, sternförmig gruppirte Nadeln verwandelt. Beim Erwärmen der Flüssigkeit lösen sie sich, und beim Erkalten erhält man die Doppelverbindung in grösseren Nadeln.

8. Bringt man einige Tropfen reine concentrirte Schwefelsäure in ein Porzellanschälchen und fügt etwas Strychnin hinzu, so erfolgt Lösung, ohne dass sich die Flüssigkeit färbt. Bringt man jetzt kleine Quantitäten von Oxydationsmitteln (chromsaures Kali, übermangansaures Kali, Ferridcyankalium, Bleihyperoxyd, Manganhyperoxyd) am besten in fester Form (denn Verdünnung ist nachtheilig) hinzu, so entsteht zunächst eine prächtig blau-violette Färbung, welche nach einiger Zeit in eine weinrothe, dann in eine rothgelbe übergeht. Bei chromsaurem Kali und übermangansaurem Kali tritt die Reaction sogleich ein; es fliessen beim Neigen des Schälchens blau-violette Streifchen von dem eingeworfenen Salzsplitter, und schiebt man denselben hin und her, so färbt sich bald die ganze Flüssigkeit. Beim Ferridcyankalium treten die Erscheinungen nicht ganz so schnell und bei den Hyperoxyden treten sie am langsamsten ein. Je rascher der Eintritt, um so schneller verläuft auch der Farbenwechsel. Ich wende das von Otto vorgeschlagene chromsaure Kali oder auch das von Guy als das empfindlichste bezeichnete übermangansaure Kali am liebsten an. Jordan wies mit chromsaurem Kali noch $^1/_{50000}$ Gran deutlich nach. J. Erdmann gibt dem in linsengrossen Stücken angewandten Braunstein den Vorzug. Chlormetalle und etwas grössere Mengen salpetersaurer Salze, eben so grössere Mengen von anderweitigen organischen Substanzen beeinträchtigen oder verhindern die Reaction. Es ist daher immer anzurathen, das Strychnin zuerst von anderen Substanzen möglichst zu trennen, bevor man die entscheidende Reaction vornimmt. — Fügt man zu der (durch Braunstein) roth gewordenen Lösung das 4- bis 6fache Volum Wasser unter Vermeidung von Erhitzung, dann Ammon bis fast neutral, so wird die Lösung prächtig violett-purpurfarben, fügt man mehr Ammon zu, gelbgrün bis gelb (J. Erdmann). Diese Reaction tritt jedoch nach meinen Erfahrungen nur bei etwas grösseren, wennschon an und für sich

noch sehr kleinen, Mengen ein. — Gleichzeitig anwesendes Morphin beeinträchtigt oder verhindert die besprochene Strychninreaction (Reese, Zeitschr. f. analyt. Chem. 1. 399), (Horsley, Zeitschr. f. analyt. Chem. 1. 515*). Um die Strychninreaction bei Anwesenheit von Morphin hervorzurufen, versetzt man die concentrirte wässerige neutrale Lösung der Salze mit Ferridcyankalium (Neubauer) oder neutralem chromsaurem Kali (Horsley), filtrirt den entstehenden Niederschlag von ferridcyanwasserstoffsaurem, beziehungsweise chromsaurem Strychnin ab (die entsprechenden Morphinverbindungen bleiben gelöst) und bringt Proben des einen oder anderen Niederschlages nach einigem Auswaschen und Trocknen mit concentrirter Schwefelsäure zusammen. Die blau-violette Färbung tritt dann sogleich ein. — Man beachte, dass die genannten Strychninniederschläge in Wasser nicht unlöslich, sondern nur einigermaassen schwerlöslich sind**). Endlich erwähne ich noch, dass Curarin zu Schwefelsäure und chromsaurem Kali sich ähnlich wie Strychnin verhält. Es unterscheiden sich beide jedoch schon dadurch, dass Curarin schon durch Schwefelsäure allein roth gefärbt wird, auch sind bei ihm die durch chromsaures Kali entstandenen Färbungen weit beständiger (Dragendorff).

9. Versetzt man eine Strychninsalzlösung mit starkem Chlorwasser, so entsteht ein weisser, in Ammon zur farblosen Flüssigkeit löslicher Niederschlag.
10. In concentrirter Salpetersäure löst sich Strychnin oder ein Strychninsalz zu einer farblosen, beim Erwärmen gelb werdenden Flüssigkeit.
11. Gerbsäure bewirkt in Strychninsalzlösungen dichte, weisse, in Salzsäure nicht lösliche Niederschläge.

b. Brucin ($C_{46}H_{26}N_2O_8 = \overset{+}{Br}$).

§. 239.

1. Das Brucin (neben Strychnin in verschiedenen Strychnosarten vorkommend, vergl. S. 440) stellt im krystallisirten Zustande als $\overset{+}{Br} + 8\,aq.$ entweder durchsichtige, gerade, rhombische Säulen, oder sternförmig gruppirte Nadeln, oder ein aus kleinen Krystallblättchen bestehendes weisses Pulver dar. Es ist in kaltem Wasser schwer, in heissem

*) Vergl. dagegen P. Thomas (Zeitschr. f. analyt. Chem. 1. 517).

**) Rodgers schlägt vor, Strychnin und Morphin zuerst durch Benzol zu trennen, in welchem sich nur das Strychnin löst, und Thomas empfiehlt die Lösung der essigsauren Salze mit Aetzkali alkalisch zu machen und mit Chloroform zu schütteln. Das Morphin bleibt alsdann in der alkalischen Lösung, während sich das Strychnin im Chloroform löst.

etwas leichter löslich, von absolutem, sowie von wasserhaltigem Alkohol, nicht minder von Amylalkohol, namentlich heissem, wird es leicht, von Aether hingegen kaum aufgenommen. Es schmeckt sehr bitter. Beim Erwärmen schmilzt es unter Verlust seines Wassers. Bei vorsichtigem Erhitzen lässt es sich unverändert sublimiren (vergl. die Anmerk. zu §. 233. 1.).

2. Säuren neutralisirt das Brucin vollständig. Die Salze sind in Wasser leicht löslich, meist krystallisirbar, von sehr bitterem Geschmack.
3. Kali und kohlensaures Natron fällen aus den Brucinsalzen Brucin als weissen, im Ueberschusse des Fällungsmittels unlöslichen Niederschlag. Unter dem Mikroskop unmittelbar nach der Fällung betrachtet, erscheint er als aus sehr kleinen Körnchen bestehend. Beobachtet man jedoch weiter, so sieht man, dass dieselben (unter Bindung von Wasser) sich plötzlich zu Nadeln vereinigen und dass diese wiederum sich ohne Ausnahme concentrisch gruppiren. Diese Veränderung des Niederschlages lässt sich sogar schon mit unbewaffnetem Auge ganz deutlich wahrnehmen.
4. Ammon fällt Brucinsalze weisslich. Der am Anfange wie Oeltröpfchen aussehende Niederschlag verwandelt sich allmählich (unter Bindung von Wasser) in kleine Nadeln. Der Niederschlag verschwindet unmittelbar nach der Fällung in einem Ueberschusse des Ammons mit grösster Leichtigkeit. Nach ganz kurzer Zeit (nach längerer bei verdünnten Lösungen) krystallisirt jedoch mit Krystallwasser verbundenes Brucin aus der Lösung in kleinen, concentrisch gruppirten Nadeln heraus, ohne sich alsdann in mehr zugesetztem Ammon wieder zu lösen.
5. Doppelt-kohlensaures Natron zu einer neutralen Brucinsalzlösung gesetzt, bewirkt in kurzer Zeit eine Abscheidung von mit Krystallwasser verbundenem Brucin in Gestalt seidenglänzender, concentrisch gruppirter Nadeln, welche im Ueberschusse des Fällungsmittels nicht, wohl aber in freier Kohlensäure (vergl. Strychnin) löslich sind. Saure Brucinsalzlösungen werden nicht gefällt. Erst nach langer Zeit scheidet sich, mit dem Entweichen der Kohlensäure, die oben genannte Verbindung in regelmässigen, verhältnissmässig grossen Krystallen ab.
6. Bringt man Brucin oder eine Verbindung desselben mit concentrirter Salpetersäure zusammen, so erhält man eine im ersten Moment hochrothe, dann gelbrothe, intensiv gefärbte Lösung, welche beim Erwärmen gelb wird. Setzt man der bis zu diesem Punkt erwärmten Flüssigkeit, gleichgültig ob concentrirt oder nach dem Verdünnen mit Wasser, Zinnchlorür oder Schwefelammonium zu, so geht die wenig intensive, gelbe Farbe in eine höchst intensive, violette über.

7. Bringt man etwas Brucin mit 4 bis 6 Tropfen reiner concentrirter Schwefelsäure zusammen, so löst es sich zu einer wenig intensiv gefärbten, rosarothen Flüssigkeit, welche später gelb wird. Bringt man 8 bis 20 Tropfen einer etwas Salpetersäure enthaltenden Schwefelsäure*) hinzu, so tritt vorübergehend eine rothe, später eine gelbe Farbe auf. Zusatz von Braunstein bewirkt vorübergehende rothe, dann gummiguttgelbe Färbung. Verdünnt man dann unter gutem Abkühlen mit 4 Thln. Wasser und fügt Ammon zu bis fast neutral, oder auch bis alkalisch, so wird die Lösung goldgelb (J. Erdmann).
8. Versetzt man eine Brucinsalzlösung mit Chlorwasser, so wird sie schön hellroth, setzt man Ammon zu, so geht die Farbe in Gelbbraun über.
9. Versetzt man Brucinsalzlösungen mit Schwefelcyankalium, so entsteht in concentrirten Lösungen sogleich, in verdünnteren nach einiger Zeit, besonders beim Reiben der Gefässwände, ein körnig krystallinischer Niederschlag. Unter dem Mikroskop erscheint derselbe in Gestalt verschiedenartig an einander gereihter, polyëdrischer Krystallkörner.
10. Quecksilberchlorid erzeugt ebenfalls einen weissen, körnigen Niederschlag, der unter dem Mikroskop als aus kleinen rundlichen Krystallkörnern bestehend erscheint.
11. Gerbsäure bewirkt in den Lösungen der Brucinsalze dichte, schmutzig weisse, in Essigsäure lösliche, in Salzsäure nicht lösliche Niederschläge.

c. Veratrin ($C_{64}H_{52}N_2O_{16} = \overset{+}{Ve}$.)

§. 240.

1. Das Veratrin, in den Veratrumarten, namentlich im Samen von Veratrum Sabadilla neben Veratrumsäure und in der Wurzel von Veratrum album (in letzterer neben Jervin) vorkommend, stellt farblose, an der Luft porzellanartig werdende Säulchen, häufig auch nur ein weisses Pulver dar, von brennend scharfem, nicht bitterem Geschmack und höchst giftiger Wirkung. Sein Staub erregt, in geringster Menge in die Nase kommend, das heftigste Niesen. In Wasser ist das Veratrin unlöslich, Alkohol nimmt es leicht, Aether schwieriger auf. Bei 115° C. schmilzt es wie Wachs und gesteht beim Erkalten alsdann zu einer durchscheinenden gelben Masse. — Bei vorsichtigem Erhitzen lässt es sich unverändert sublimiren (vergl. die Anmerkung zu §. 233. 1).

*) Die Bereitung siehe Seite 433, Anmerkung.

2. Säuren neutralisirt das Veratrin vollständig. Die Salze sind theils krystallisirbar, theils trocknen sie gummiartig ein. Sie sind in Wasser löslich und von scharfem, brennendem Geschmack.
3. Kali, Ammon und einfach-kohlensaure Alkalien bewirken in den Auflösungen der Veratrinsalze einen flockigen, weissen Niederschlag, welcher, unter dem Mikroskop unmittelbar nach der Fällung betrachtet, nicht krystallinisch ist. Nach einigen Minuten verändert derselbe jedoch seinen Zustand, und beobachtet man jetzt wieder, so sieht man anstatt des Gerinnsels, als welches der Niederschlag am Anfang erschien, hier und da kleine, aus kurzen Säulchen gebildete Krystallgruppen. Der Niederschlag ist im Ueberschuss von Kali und kohlensaurem Kali nicht auflöslich. Ammon nimmt in der Kälte ein wenig auf, beim Erhitzen scheidet sich die gelöste Portion wieder ab.
4. Zu doppelt-kohlensaurem Natron und Kali verhalten sich die Salze des Veratrins wie die des Strychnins und Brucins. Beim Kochen scheidet sich jedoch das Veratrin auch aus verdünnten Lösungen leicht ab.
5. Bringt man Veratrin mit concentrirter Salpetersäure zusammen, so ballt es sich zu harzartigen Klümpchen, welche sich langsam lösen. War das Veratrin rein, so ist die Lösung ungefärbt.
6. Bringt man Veratrin in concentrirte Schwefelsäure, so ballt es sich ebenfalls harzartig zusammen. Die Klümpchen lösen sich aber leicht zu einer wenig intensiven, gelben Flüssigkeit, deren Farbe immer dunkler gelb wird und durch Rothgelb in ein intensives Blutroth und endlich in Purpurroth übergeht; die Farbe hält 2 bis 3 Stunden an und verschwindet dann allmählich.

   Bei Zusatz von salpetersäurehaltiger Schwefelsäure oder von Braunstein tritt keine erhebliche Farbenveränderung ein. Verdünnt man dann mit Wasser und fügt Ammon zu bis fast neutral, so entsteht eine gelbliche Lösung, die bei Zusatz überschüssigen Ammons einen grünlich hellbraunen Niederschlag gibt (J. Erdmann).
7. Löst man Veratrin in concentrirter Salzsäure, so erhält man eine farblose Flüssigkeit, welche bei längerem Kochen allmählich eine röthliche und endlich eine intensiv rothe, beim Stehen nicht verschwindende Färbung annimmt. Die Reaction ist sehr empfindlich und gelingt eben so gut mit völlig reinem als mit gewöhnlichem käuflichem Veratrin (Trapp).
8. Schwefelcyankalium erzeugt nur in concentrirten Lösungen der Veratrinsalze einen flockig-gelatinösen Niederschlag.
9. Versetzt man eine Veratrinsalzlösung mit Chlorwasser, so färbt sie sich gelblich, bei Zusatz von Ammon wenig intensiv, bräunlich. In concentrirten Lösungen entsteht durch Chlor ein weisser Niederschlag.

d. Atropin ($C_{34}H_{23}NO_6$).

§. 241.

1. Das Atropin, in allen Theilen der Tollkirsche (Atropa Belladonna) und des Stechapfels (Datura Strammonium) vorkommend, stellt farblose, glänzende Säulchen und Nadeln dar. Es ist — wenn rein — geruchlos, widrig bitter; es schmilzt bei 90° C. und verflüchtigt sich bei 140° theilweise unzersetzt. Beim Erhitzen zwischen Uhrgläsern verflüchtigt es sich ohne Schwärzung. Das Sublimat ist weich und ölig.

   Das Atropin löst sich in etwa 300 Thln. kalten und 60 Thln. siedenden Wassers, in Weingeist ist es sehr leicht löslich, die gesättigte alkoholische Lösung wird durch wenig Wasser gefällt. In Chloroform und Amylalkohol löst sich das Atropin sehr leicht, von Aether erfordert es etwa 40 Theile.

2. Das Atropin verbindet sich mit Säuren zu Salzen, die zum Theil, namentlich wenn sie sauer sind, nicht oder nur schwierig krystallisiren.

   Die Salze lösen sich leicht in Wasser und Weingeist, fast nicht in Aether. Die wässerige Lösung der Atropinsalze färbt sich bei längerem Erhitzen dunkel.

3. Das Atropin und die Atropinsalze wirken narkotisch giftig. Sie erweitern, in ein Auge gebracht, die Pupille für ziemlich lange Zeit. (Dieselbe Wirkung zeigt jedoch auch das Hyoscyamin. Sie tritt bei diesem etwas später ein, ist aber nachhaltiger als bei Atropin.)

4. Kalilauge und einfach kohlensaure fixe Alkalien fällen aus concentrirten wässerigen Lösungen der Atropinsalze einen Theil des Atropins. Der anfangs pulverige Niederschlag löst sich im Ueberschuss des Fällungsmittels nicht leichter als in Wasser auf. Bei längerem Stehen wird er krystallinisch. Ammon fällt gleichfalls, im Ueberschuss desselben löst sich der Niederschlag auf. In Berührung mit fixen Alkalien oder auch mit Barytwasser wird das Atropin in der Kälte langsam, in der Hitze rasch, unter Bildung von Atropasäure und Tropin zersetzt.

5. Kohlensaures Ammon und zweifach kohlensaure Alkalien fällen die Lösungen der Atropinsalze nicht.

6. Goldchlorid fällt aus der wässerigen Lösung der Atropinsalze eine Verbindung von salzsaurem Atropin mit Goldchlorid in Gestalt eines gelben, allmählich krystallinisch werdenden Niederschlages.

7. Gerbsäure bewirkt in der wässerigen Lösung der Atropinsalze einen weissen, käsigen, in Ammon löslichen Niederschlag.

8. Erwärmt man Atropin mit concentrirter Schwefelsäure bis schwache Bräunung eintritt, und spritzt nun einige Tropfen Wasser in

das Uhrglas, so entwickelt sich ein angenehmer Geruch, der an den der Schlehenblüthen, vielleicht noch mehr an den des gelben Labkrauts (Galium verum) erinnert. Bei weiterem Erhitzen tritt derselbe immer wieder hervor.

9. Leitet man in eine genügend concentrirte alkoholische Atropinlösung Cyangas, so färbt sich die Flüssigkeit rothbraun (Hinterberger).
10. Pikrinsäure fällt die Lösungen reiner Atropinsalze nicht. — Atropinsalze, in deren mit verdünnter Schwefelsäure angesäuerter Lösung dadurch ein Niederschlag entsteht, enthalten offenbar neben Atropin noch ein anderes, nicht näher untersuchtes Alkaloid (Hager).

Zusammenstellung und Bemerkungen.

§. 242.

Das Strychnin lässt sich von Brucin, Veratrin und Atropin durch absoluten Alkohol trennen, in dem es unlöslich ist, während sich die letzteren darin leicht lösen. Erkennen kann man es am besten an der Reaction mit Schwefelsäure und den oben angeführten Oxydationsmitteln*), sowie an seiner unter dem Mikroskop zu beobachtenden Krystallform, wenn es durch Alkalien gefällt wurde, oder endlich an der Form der durch Schwefelcyankalium oder Quecksilberchlorid entstehenden Niederschläge. — Brucin und Veratrin lassen sich von Atropin trennen, indem man die alkalisch gemachte Lösung mit Petroleumäther schüttelt (Dragendorff). Es nimmt derselbe das Brucin und Veratrin, nicht aber das Atropin auf. Durch Schütteln der vom Petroleumäther getrennten wässerigen Flüssigkeit mit Aether kann man dann das Atropin in eine ätherische Lösung überführen. Brucin und Veratrin lassen sich nicht gut von einander trennen, wohl aber neben einander erkennen. Zu diesem Behufe wählt man für Brucin am besten die Reactionen mit Salpetersäure und Zinnchlorür oder Schwefelammonium, oder auch die Beobachtung der Krystallform des in Brucinsalzlösungen durch Ammon entstehenden Niederschlages. — Um Veratrin von Brucin wie auch von allen anderen abgehandelten Alkaloiden zu unterscheiden, genügt es, sein Verhalten in gelinder Wärme, welches keins der anderen mit ihm theilt, sowie auch seine Form, wenn es durch Alkalien gefällt wird, zu beobachten. Um es neben Brucin zu erkennen, wählt man die Reaction mit concentrirter Schwefelsäure oder mit Salzsäure.

---

*) Der einzige Körper, der sich ausser dem Curarin (s. o.) in dieser Beziehung noch einigermaassen ähnlich verhält, ist das Anilin. A. Guy machte jedoch darauf aufmerksam, dass dasselbe, mit Schwefelsäure und Oxydationsmitteln behandelt, erst eine blassgrüne, allmählich dunkler werdende, dann erst eine prächtig blaue Farbe annimmt, welche sich lange Zeit erhält und zuletzt in Schwarz übergeht.

C. Eigenschaften und Reactionen einiger stickstofffreier, den Alkaloiden nahe stehender Körper.

Den abgehandelten Alkaloiden wollen wir endlich noch, obgleich sie nicht in diese Classe chemischer Verbindungen gehören, das Salicin, Digitalin und Pikrotoxin an die Seite stellen.

§. 243.

a. Salicin ($C_{26}H_{18}O_{14}$).

1. Das Salicin, in der Rinde und den Blättern der meisten Weiden- und einiger Pappelarten vorkommend, erscheint entweder in weissen, seidenglänzenden Nadeln und Blättchen, oder, wenn diese sehr fein und klein sind, als seidenglänzendes Pulver. Es schmeckt bitter. In Wasser und Alkohol ist es leicht löslich, von Aether wird es nicht aufgenommen.
2. Das Salicin wird durch kein Reagens in der Art gefällt, dass es in dem Niederschlage noch als solches vorhanden wäre.
3. Bringt man Salicin mit concentrirter Schwefelsäure zusammen, so färbt es sich intensiv blutroth, indem es sich harzartig zusammenballt, ohne sich zu lösen. Die Schwefelsäure selbst färbt sich anfangs nicht.
4. Versetzt man eine wässerige Salicinlösung mit Salzsäure und kocht kurze Zeit, so trübt sich unter Bildung von Zucker die Flüssigkeit plötzlich und setzt einen weissen, sich flockig zusammenballenden Niederschlag ab (Saliretin). Setzt man der gefällten Flüssigkeit 1 bis 2 Tropfen chromsaures Kali zu und kocht, so färbt sich das Saliretin lebhaft rosenroth, während gleichzeitig der angenehme und charakteristische Geruch der salicyligen Säure auftritt.

§. 244.

b. Digitalin ($C_{50}H_{40}O_{30}$?).

1. Das Digitalin kommt in den Blättern, Samen und Samenkapseln des rothen Fingerhutes (*Digitalis purpurea*) vor. Es ist in der Regel weiss, amorph, kann aber auch krystallisirt erhalten werden *). Es

*) Nativelle hat kürzlich eine Methode zur Darstellung krystallisirten Digitalins gegeben, vergl. Journ. de pharm. IX. 255. — Zeitschr. f. Chem. n. F. V. 401. — Chem. Centr. Bl. 1870. S. 30. — Sehr häufig ist das käufliche Digitalin unrein, d. h. ein Gemenge verschiedener Körper, und dies ist der Grund, weshalb die Eigenschaften, Löslichkeitsverhältnisse etc. des Digitalins von verschiedenen Chemikern so überaus verschieden angegeben worden sind.

ist geruchlos, bitter, wirkt sehr giftig, sein Staub reizt die Augen und bewirkt Niesen. — Bei 180° färbt es sich ohne zu schmelzen, über 200° zersetzt es sich vollständig.

2. Das Digitalin ist neutral. Es löst sich in Chloroform in jeder Menge, bei gewöhnlicher Temperatur in etwa 12 Thln. Weingeist von 90°, leichter in siedendem, — weniger leicht in absolutem Alkohol. Alkoholfreier Aether löst nur geringe Mengen. Wasser löst das reine Digitalin sehr schwierig, selbst in Siedhitze (1 Thl. erfordert 1000 Thle. siedendes Wasser), die Lösung schmeckt sehr bitter.
3. Löst man Digitalin in concentrirter Schwefelsäure, worin es sich mit grüner Farbe löst, und rührt die Lösung mit einem in Bromwasser getauchten Glasstäbchen um, so kommt eine violett-röthliche Färbung zum Vorschein (Grandeau, J. Otto). Die Reaction ist nach angegebener von Otto modificirter Weise ausgeführt, sehr empfindlich und auch charakteristisch (nur Delphinin zeigt ein ähnliches Verhalten; es geht dies aber beim Schütteln einer sauren Lösung mit Aether nicht, wie das Digitalin, in die Aetherlösung über, Otto).
4. Salzsäure löst das Digitalin mit grünlichgelber Farbe, Wasser fällt aus dieser Lösung einen harzigen Körper, — Salpetersäure löst es unter Entwickelung rother Dämpfe, — Essigsäure löst es ohne sich zu färben.
5. Beim Schütteln einer Digitalinlösung, auch einer sauren, mit Aether geht das Digitalin in die Aetherlösung über (J. Otto).
6. Die Lösungen des Digitalins werden nicht durch Jodlösung, Pikrinsäure und Metallsalze, wohl aber durch Gerbsäure gefällt. — Der Niederschlag ist in siedendem Wasser etwas löslich.
7. Beim Kochen von Digitalin mit verdünnter Schwefelsäure entstehen Zucker und Digitaliretin (Walz, Kossmann). Das Auftreten der ersten lässt sich durch die Fähigkeit der Flüssigkeit, alkalische Kupferoxydlösung zu reduciren, erkennen, — das Digitaliretin krystallisirt aus heissem Alkohol in glänzenden Körnern (Kossmann). Nach J. Otto tritt beim Einkochen einer Lösung von Digitalin in verdünnter Schwefelsäure ein an Digitalis-Infusum erinnernder Geruch auf.

§. 245.

c. Pikrotoxin ($C_{20} H_{12} O_8$).

1. Das Pikrotoxin, der giftige Stoff der Kokkelskörner, der Früchte von *Menispermum Cocculus L.*, stellt weisse, glänzende, vierseitige Säulchen oder Nadeln dar. Es ist geruchlos, sehr bitter, narcotisch giftig, schmilzt beim Erhitzen und liefert dann brenzliche Dämpfe.
2. Das Pikrotoxin ist neutral. Es löst sich in Wasser, namentlich in heissem, ziemlich leicht, aus der Lösung krystallisirt es beim Abküh-

len und Verdunsten in Nadeln. Heisser Weingeist löst es sehr leicht. Die concentrirte Lösung gesteht beim Erkalten zur seidenglänzenden Masse, verdünntere Lösungen hinterlassen beim Verdunsten seidenglänzende Nadeln. — In Aether löst sich das Pikrotoxin schwer. Derselbe entzieht es nicht der wässerigen oder alkalischen Lösung, wohl aber der angesäuerten (G. Günkel). Die Aetherlösung hinterlässt verdunstend das Pikrotoxin pulverig oder schuppig-krystallinisch.

3. Säuren neutralisirt das Pikrotoxin nicht, sie erhöhen auch — mit Ausnahme der Essigsäure — seine Löslichkeit in Wasser nicht.
4. Ammon, Kali- oder Natronhydrat lösen das Pikrotoxin reichlich. Säuren, selbst Kohlensäure, scheiden es aus den concentrirten Lösungen wieder ab. Es hat also das Pikrotoxin eher den Charakter einer Säure als den einer Base. Die Lösungen des Pikrotoxins in Kali- oder Natronlauge färben sich beim Erhitzen gelb bis gelbroth.
5. Versetzt man eine etwas Natron- oder Kalihydrat enthaltende Pikrotoxinlösung mit einer Lösung von weinsteinsaurem Kupferoxydkali (Fehling'scher Flüssigkeit) und erwärmt gelinde, so scheidet sich Kupferoxydul aus.
6. Jodlösung, Pikrinsäure, Gerbsäure und Metallsalze fällen Pikrotoxinlösungen nicht.

Systematischer Gang zur Auffindung der abgehandelten Alkaloide sowie des Salicins, Digitalins und Pikrotoxins.

Bei der Aufstellung der im Folgenden unter I. und II. zu beschreibenden Gänge wurde vorausgesetzt, dass man eins oder mehrere der besprochenen nicht flüchtigen Alkaloide etc. durch Vermittelung einer Säure in concentrirter wässeriger Auflösung habe, und dass die Lösung frei sei von anderweitigen, die Reactionen verdeckenden oder modificirenden Substanzen. Wenn wir die unter diesen Bedingungen einzuhaltenden Wege kennen gelernt haben werden, wollen wir in III. die Methoden besprechen, deren man sich am zweckmässigsten bedient, um den störenden Einfluss von Farb- oder Extractivstoffen etc. zu beseitigen, und dann auch die flüchtigen Alkaloide mit in Betracht ziehen.

I. Auffindung der genannten nicht flüchtigen Alkaloide etc. in Lösungen, in welchen nur eines derselben vorausgesetzt wird*).

§. 246.

1. Man versetzt ein Pröbchen der Lösung nach Zusatz eines Tropfens verdünnter Schwefelsäure mit einer Auflösung von Jod in Jodkalium oder von Phosphormolybdänsäure.

*) Handelt es sich nur um den Nachweis von Morphin, Narcotin, Strychnin, Brucin und Veratrin, so führt auch das folgende, von J. Erdmann angegebene Verfahren

a. Es entsteht kein Niederschlag. Abwesenheit aller Alkaloide, vielleicht Anwesenheit von Salicin, Digitalin, Pikrotoxin. Man geht zu 5. über.

b. Es entsteht ein Niederschlag. In dem Fall hat man Ursache, auf die Anwesenheit eines Alkaloids zu schliessen und geht zu 2. über.

2. Man setzt zu einem Theilchen der wässerigen Lösung tropfenweise verdünnte Kali- oder Natronlauge, bis die Flüssigkeit eben, aber kaum, alkalisch reagirt, rührt um und lässt eine Zeit lang stehen.

---

auf einfache Art zum Ziel. Es wird dabei vorausgesetzt, dass das Alkaloid rein und in fester Form vorliegt. Das Verfahren empfiehlt sich namentlich, wenn nur sehr kleine Mengen zur Disposition stehen.

1. Man übergiesst die zu untersuchende Substanz mit 4 bis 6 Tropfen reiner concentrirter Schwefelsäure.

   Gelbe Färbung, bald in roth übergehend: Veratrin.
   Rosa Färbung, später gelb werdend: Brucin.

   Die anderen Alkaloide färben, wenn sie rein sind, die Schwefelsäure nicht (vergl. jedoch die Husemann'sche Angabe in Betreff manchen Narcotins, §. 234. 5, welche mit der J. Erdmann'schen Angabe im Widerspruch steht).

2. Gleichgültig, ob Färbungen eingetreten sind oder nicht, man fügt zu der in 1. erhaltenen Flüssigkeit 8 bis 20 Tropfen salpetersäurehaltige concentrirte Schwefelsäure (Bereitung siehe Seite 433 in der Anmerkung) und hierauf 2 bis 3 Tropfen Wasser. Nach Verlauf von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde zeigt die Flüssigkeit:
   a. violettrothe Farbe: Morphin;
   b. zwiebelrothe Farbe: Narcotin;
   c. gelbe Farbe (nach vorübergehendem Roth): Brucin;
   d. die rothe Färbung der schwefelsauren Veratrin-Lösung wird nicht wesentlich geändert;
   e. keine Färbung tritt bei Strychnin ein.

3. Man bringt zu der in 2. erhaltenen Flüssigkeit, gleichgültig ob Färbung eingetreten ist oder nicht, 4 bis 6 linsengrosse Stückchen pulverfreien Braunsteins.
   Nach Verlauf einer Stunde zeigt die Flüssigkeit:
   a. mahagonibraune Farbe: Morphin;
   b. gelbrothe bis blutrothe: Narcotin;
   c. dunkel zwiebelrothe (nach vorübergehendem Purpurviolett): Strychnin;
   d. gummiguttgelbe (nach vorübergehendem Roth): Brucin;
   e. dunkel-schmutzig kirschrothe: Veratrin.

4. Man giesst die in 3. erhaltene gefärbte Flüssigkeit in ein das 4fache Volum Wasser enthaltendes Proberöhrchen, und fügt so lange Ammon zu, bis der Neutralitätspunkt fast erreicht ist. Bei diesen Operationen ist Erhitzung möglichst zu vermeiden.
   a. schmutziggelbe Farbe, beim Uebersättigen mit Ammon braunroth, ohne sofortige Absetzung eines bemerkenswerthen Niederschlages: Morphin;
   b. der Verdünnung entsprechende röthliche Farbe, beim Uebersättigen mit Ammon reichlicher dunkelbrauner Niederschlag: Narcotin;
   c. violett-purpurfarbene Lösung, bei Ammonüberschuss gelbgrün bis gelb: Strychnin;
   d. goldgelbe Lösung, durch Ammonüberschuss nicht wesentlich verändert: Brucin;
   e. schwach bräunliche Lösung, auf Zusatz von weiterem Ammon gelblich und einen grünlich hellbraunen Niederschlag absetzend: Veratrin.

a. Es entsteht kein Niederschlag: deutet, wenn die Lösung concentrirt war, mit Bestimmtheit auf die Abwesenheit aller Alkaloide; war sie dagegen etwas verdünnt, so kann sie, auch bei Anwesenheit von Atropin, klar bleiben. Man prüft daher weitere Proben der Lösung, nöthigenfalls nach vorherigem Eindampfen, mit Goldchlorid, Gerbsäure und Erhitzen mit Schwefelsäure §. 241. 6. 7. und 8. auf Atropin.

b. Es entsteht ein Niederschlag. Man fügt tropfenweise soviel Kali oder Natron hinzu, dass die Flüssigkeit stark alkalisch reagirt und, wenn sie hierdurch nicht klar werden sollte, noch etwas Wasser.

α. Der Niederschlag verschwindet: Morphin oder Atropin. — Man prüft eine neue Probe der Lösung mit Jodsäure (§. 233. 10.).

aa. Es erfolgt Jodausscheidung: Morphin, Ueberzeugung nach §. 233. 7. und 8.

bb. Es erfolgt keine Jodausscheidung: Atropin, Ueberzeugung wie in a.

β. Der Niederschlag verschwindet nicht: Anwesenheit eines Alkaloids der zweiten oder dritten Gruppe (Atropin ausgenommen). Man geht zu 3. über.

3. Zu einem zweiten Theile der ursprünglichen Lösung setzt man zwei oder drei Tropfen verdünnte Schwefelsäure, ferner eine gesättigte Lösung von doppelt-kohlensaurem Natron, bis die saure Reaction eben verschwindet; alsdann reibt man die Gefässwände unter der Flüssigkeit heftig und lässt die Mischung eine halbe Stunde lang stehen.

a. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit des Narcotins und Cinchonins. Man geht zu 4. über.

b. Es entsteht ein Niederschlag: Narcotin, Cinchonin, vielleicht auch Chinin (da dessen Fällbarkeit durch doppelt-kohlensaures Natron ganz abhängig ist vom Zustande der Verdünnung). Man setzt zu einem Theilchen der ursprünglichen Lösung Ammon im Ueberschusse, dann (eine nicht zu geringe Menge) Aether und schüttelt.

α. Der entstandene Niederschlag hat sich im Aether gelöst, man hat zwei klare Flüssigkeitsschichten: Narcotin oder Chinin. Zur Unterscheidung beider prüft man eine neue Portion der ursprünglichen Lösung mit Chlorwasser und Ammon. Wird die Lösung grün, so ist Chinin, wird sie gelbroth, Narcotin zugegen. Zur bestätigenden Prüfung auf Narcotin wendet man die Reaction mit salpetersäurehaltiger Schwefelsäure an (§. 234. 6.).

β. Der entstandene Niederschlag hat sich im Aether nicht gelöst: Cinchonin. Zur Ueberzeugung prüft man das Verhalten beim Erhitzen (§. 236. 3.) oder das zu Ferrocyankalium (§. 236. 8.).

4. Man bringt in einem Uhrglase ein Theilchen der ursprünglichen Substanz oder des durch Abdampfen der Lösung zu erhaltenden Rückstandes mit concentrirter Schwefelsäure zusammen.
   a. Man erhält eine rosarothe Lösung, welche bei Zusatz von Salpetersäure hochroth wird: Brucin. Ueberzeugung durch die Reaction mit Salpetersäure und Zinnchlorür (§. 239. 6.).
   b. Man erhält eine gelbe, allmählich gelbroth, blutroth und carmoisinroth werdende Lösung: Veratrin.
   c. Man erhält eine farblose Lösung, welche sich auch nach einigem Stehen nicht färbt.

      Man fügt zu derselben ein Körnchen chromsaures Kali, tief blaue Färbung: Strychnin, keine Veränderung: Chinin. Ueberzeugung durch Chlorwasser und Ammon.

5. Zur Entscheidung der Frage, ob die Lösung Salicin, Digitalin oder Pikrotoxin enthält, versetzt man eine neue Probe der Lösung mit Gerbsäure.
   a. Es entsteht ein schmutzig weisser, flockiger Niederschlag, lässt Digitalin vermuthen. Man prüft darauf mit Schwefelsäure und Bromwasser (§. 244. 3.).
   b. Es entsteht kein Niederschlag.

      Man macht eine Probe der ursprünglichen Lösung mit Natronlauge eben alkalisch, versetzt mit einer Lösung von weinsteinsaurem Kupferoxydkali und erwärmt.

      α. *Es scheidet sich Kupferoxydul aus*, lässt Pikrotoxin vermuthen. Man schüttelt eine angesäuerte Probe der ursprünglichen Lösung mit Aether, trennt die Aetherschicht und lässt sie verdunsten. War Pikrotoxin zugegen, so bleibt es pulvrig oder schuppig krystallinisch zurück und kann nach §. 245 weiter geprüft werden.

      β. *Es scheidet sich kein Kupferoxydul aus*, lässt Salicin vermuthen. Man prüft darauf durch Kochen mit verdünnter Salzsäure etc. nach §. 243. 4 und mittelst concentrirter Schwefelsäure nach §. 243. 3.

II. Auffindung der genannten nicht flüchtigen Alkaloide etc. in Lösungen, in welchen mehrere oder alle vorausgesetzt werden.

§. 247.

1. Man säuert die Lösung mit Salzsäure an, schüttelt sie mit reinem alkoholfreiem Aether, trennt die Aetherschicht von der wässerigen Flüssigkeit und lässt sie in einer Glasschale verdunsten.

a. Es bleibt kein Rückstand: Abwesenheit von Digitalin und Pikrotoxin. Man geht zu 2. über.

b. Es bleibt ein Rückstand: lässt auf Digitalin und Pikrotoxin schliessen (wobei jedoch zu bedenken, dass auch sonstige Körper unter gleichen Umständen in die Aetherlösung übergehen können, so Oxalsäure, Weinsteinsäure, Milchsäure, Otto). Man wiederholt das Schütteln der wässerigen Flüssigkeit mit Aether, um das darin aus saurer Lösung Aufnehmbare möglichst vollständig in die Aetherlösung überzuführen, lässt die Aetherlösung verdunsten, verfährt mit der davon getrennten wässerigen Lösung nach 2., mit dem Rückstand der Aetherlösung aber, worin auch Spuren von Atropin enthalten sein können, also:

α. Einen Theil löst man in Alkohol und lässt die Lösung langsam verdunsten: lange, seidenglänzende, von einem Punkte ausgehende feine Nadeln lassen auf Pikrotoxin schliessen. Ueberzeugung durch die in §. 245 angeführten Reactionen.

β. Einen Theil löst man in concentrirter Schwefelsäure und bringt etwas Bromwasser hinzu. Röthliche Färbung: Digitalin. Ueberzeugung nach §. 244.

γ. Spuren von Atropin lassen sich nur an der pupillenerweiternden Wirkung der Wasserlösung des Rückstandes erkennen.

2. Man setzt zu einem Theilchen der wässerigen Flüssigkeit eine Auflösung von Jod in Jodkalium, zu einem anderen etwas Phosphormolybdänsäure.

a. Es entstehen durch diese Reagentien Niederschläge: deutet auf Alkaloide. Man geht zu 3. über.

b. Es entstehen keine Niederschläge: lässt die Abwesenheit der Alkaloide erkennen. Man geht zur Prüfung auf Salicin nach §. 243 über.

3. Man versetzt einen kleinen Theil der wässerigen Flüssigkeit mit Kali- oder Natronlauge bis eben alkalisch, beobachtet, ob ein Niederschlag entsteht und fügt alsdann mehr Kali- oder Natronlauge hinzu bis zum starken Vorwalten derselben und verdünnt dann auch noch mit etwas Wasser.

a. Man hat durch Kali- oder Natronlauge keinen Niederschlag erhalten, oder ein entstandener hat sich wieder gelöst: Hindeutung auf Atropin oder Morphin, Abwesenheit aller anderen Alkaloide. Man versetzt eine neue grössere Probe der wässerigen Lösung mit doppelt-kohlensaurem Kali oder Natron im Uebersehuss, rührt um und lässt einige Zeit stehen.

α. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit von Morphin. Man schüttelt die Flüssigkeit mit Aether, trennt die

Aetherschicht, lässt den Aether verdampfen und prüft den Rückstand auf Atropin nach §. 241. 6. 7. 8.

β. Es entsteht ein Niederschlag: Morphin. Man filtrirt denselben ab, behandelt das Filtrat zur Prüfung auf Atropin nach α., den Niederschlag aber prüft man auf Morphin nach §. 233. 7. u. 8.

b. Man hat durch Kali- oder Natronlauge einen Niederschlag erhalten, der sich im Ueberschuss des Fällungsmittels und bei mässigem Verdünnen nicht löste: Man behandelt dann den grösseren Theil der wässerigen sauren Flüssigkeit wie vorher die kleine Probe, filtrirt den Niederschlag ab und verfährt damit nach 4., das alkalische Filtrat aber schüttelt man mit Aether, lässt eine Stunde stehen (damit anfangs in die Aetherlösung übergegangenes Morphin sich wieder möglichst vollständig ausscheidet), trennt dann die Aetherschicht von der wässerigen Flüssigkeit und prüft den Abdampfungsrückstand von jener auf Atropin nach §. 241. 6. 7. 8., während man aus der wässerigen alkalischen Lösung das etwa vorhandene Morphin durch Kohlensäure abscheidet (§. 233. 4.) und nach §. 233. 7. und 8. weiter prüft.

4. Den in §. 247. 3. b. erhaltenen und abfiltrirten Niederschlag wäscht man mit kaltem Wasser aus, löst ihn in verdünnter Schwefelsäure, so dass die Lösung ein wenig Säure im Ueberschuss enthält, fügt eine Auflösung von doppelt-kohlensaurem Natron bis zum Verschwinden der sauren Reaction hinzu, rührt heftig reibend um und lässt eine Stunde stehen.

a. Es entsteht kein Niederschlag: Abwesenheit des Narcotins und Cinchonins. Man dampft die Lösung kochend ein fast bis zur Trockne und nimmt den Rückstand mit kaltem Wasser auf. Bleibt hierbei kein unlöslicher Rückstand, so geht man zu 6. über, bleibt einer, so untersucht man denselben nach 5. auf Chinin (von dem eine kleine Menge zugegen sein könnte), Strychnin, Brucin und Veratrin.

b. Es entsteht ein Niederschlag. (Derselbe kann Narcotin, Cinchonin und auch Chinin enthalten, vergl. §. 246. 3. b.) Man filtrirt denselben ab, verfährt mit dem Filtrat wie in §. 247. 4. a., mit dem Niederschlage aber also:

Man wäscht ihn mit kaltem Wasser aus, löst ihn in wenig Salzsäure, setzt Ammon im Ueberschuss, dann eine nicht zu kleine Menge Aether zu.

α. Der entstandene Niederschlag hat sich im Aether vollständig gelöst, man hat zwei klare Schichten: Abwesenheit des Cinchonins, Anwesenheit des Chinins oder

Narcotins. — Man verdampft die ätherische Lösung, nimmt den Rückstand mit ein wenig Salzsäure und soviel Wasser auf, dass die Verdünnung wenigstens 1 : 200 ist, fügt doppeltkohlensaures Natron zu bis neutral, und lässt einige Zeit stehen. Niederschlag: Narcotin (Ueberzeugung durch Chlorwasser und Ammon, sowie durch salpetersäurehaltige Schwefelsäure, §. 234); die klar bleibende oder vom Narcotin abfiltrirte Flüssigkeit verdampft man zur Trockne und übergiesst mit Wasser. Bleibt ein Rückstand, so wäscht man denselben aus, löst ihn in Salzsäure, setzt Chlorwasser und Ammon zu. Grüne Färbung: Chinin.

β. Der entstandene Niederschlag hat sich im Aether nicht oder nicht vollständig gelöst: Cinchonin, vielleicht auch Chinin oder Narcotin. Man filtrirt ab und prüft das Filtrat, wie in *α.*, auf Chinin und Narcotin, der Niederschlag ist Cinchonin und kann nach §. 236. 3. oder 8. näher geprüft werden.

5. Mit dem in §. 247. 4. a. durch Abdampfen der mit doppelt-kohlensaurem Natron versetzten Flüssigkeit erhaltenen, in Wasser unlöslichen und damit ausgewaschenen Rückstande verfährt man zur Untersuchung desselben auf Chinin (von dem eine kleine Menge zugegen sein könnte), Strychnin, Brucin und Veratrin folgendermaassen:

Man trocknet ihn im Wasserbade und digerirt ihn mit absolutem Alkohol.

a. Er löst sich vollständig: Abwesenheit des Strychnins, Anwesenheit des (Chinins), Brucins oder Veratrins. Zu ihrer näheren Erkennung verdampft man die alkoholische Lösung im Wasserbade zur Trockne, theilt, falls man oben schon Chinin gefunden hat, den Rückstand in zwei Theile und prüft den einen mittelst Salpetersäure und Zinnchlorür auf Brucin (§. 239. 6.), den anderen mit concentrirter Schwefelsäure auf Veratrin (§. 240. 6.), — hat man dagegen noch kein Chinin gefunden, so theilt man den Rückstand in drei Theile, a., b. und c., prüft a. und b. wie angegeben auf Brucin und Veratrin, c. aber mit Chlorwasser und Ammon auf Chinin. — Wäre jedoch Brucin zugegen, so müsste man c. in Salzsäure lösen, Ammon und Aether zufügen, längere Zeit stehen lassen, die ätherische Lösung verdampfen und den Rückstand auf Chinin prüfen.

b. Er löst sich nicht oder wenigstens nicht vollständig: Anwesenheit des Strychnins, vielleicht auch des (Chinins), Brucins und Veratrins. Man filtrirt ab, verfährt mit dem Filtrat zur Entdeckung des (Chinins), Brucins und Veratrins nach §. 247. 5. a., den Niederschlag prüft man zur Vergewisserung mit Schwefelsäure und chromsaurem Kali (§. 238. 8.).

6. Es bleibt jetzt noch die Prüfung auf Salicin übrig. Man versetzt zu diesem Behufe den Rest der sauren, mit Aether ausgeschüttelten, wässerigen Lösung mit noch etwas mehr Salzsäure und kocht eine Zeit lang. Entsteht kein Niederschlag, so ist die Abwesenheit, entsteht einer, die Gegenwart des Salicins erwiesen. Ueberzeugung durch Zusatz von etwas chromsaurem Kali zu der gefällten Flüssigkeit und Kochen (§. 243. 4.) und durch Prüfung der ursprünglichen Substanz mit concentrirter Schwefelsäure (§. 243. 3.).

III. Ausmittelung der Alkaloide sowie des Digitalins und Pikrotoxins bei Gegenwart extractiver und färbender, vegetabilischer oder animalischer Materien.

Ungleich schwieriger als unter den zuvor angenommenen Bedingungen ist die Nachweisung der Alkaloide bei Gegenwart schleimiger, extractiver und färbender Stoffe; auch lässt sich kein zuverlässiges Mittel bezeichnen, um durch einen vorläufigen Versuch im Allgemeinen zu entscheiden, ob eins der in Rede stehenden Alkaloide überhaupt zugegen ist oder nicht. — Ich theile nun im Folgenden verschiedene Verfahrungsweisen mit, welche eine Trennung der Alkaloide von den anderweitigen Stoffen und somit auch eine Erkennung jener gestatten. Je nach Umständen wird man bald die eine, bald die andere Methode zu wählen haben.

1. Methode von Stas*) zur Auffindung giftiger Alkaloide (sowie von Digitalin und Pikrotoxin), modificirt von J. Otto**).

§. 248.

Das Stas'sche Verfahren gründet sich auf folgende Sätze:

α. Die sauren Salze der Alkaloide sind in Wasser und Weingeist löslich.

β. Die neutralen und sauren Salze der Alkaloide sind in Aether meist unlöslich. Daher gehen Alkaloidsalze in der Regel nicht in die Aetherlösung über, wenn man neutrale oder saure Lösungen mit Aether schüttelt, und daher gehen die Alkaloide als saure schwefelsaure Salze in die Wasserlösung über, wenn man die ätherische Lösung der reinen Alkaloide mit verdünnter Schwefelsäure schüttelt.

---

*) Bull. de l'Académie de Médecine de la Belgique IX. 304. — Jahrb. f. prakt. Pharm. XXIV. 313. — Jahresber. von Liebig und Kopp 1851. 640.

**) Annal. der Chem. u. Pharm. 100. 44. — Dessen Anleit. zur Ausmittelung der Gifte, 3. Aufl. S. 35 ff.

γ. Versetzt man wässerige Lösungen, welche die neutralen oder sauren Salze von Alkaloiden enthalten, mit reinen, kohlensauren oder doppeltkohlensauren Alkalien, so werden die Alkaloide in Freiheit gesetzt, und schüttelt man jetzt mit Aether, beziehungsweise mit Amylalkohol, so gehen die reinen Alkaloide in die Aether- beziehungsweise Amylalkohol-Lösung über.

Dass diese allgemeinen Sätze einzelne Ausnahmen erleiden, wird aus dem Folgenden klar hervorgehen.

a. Ist das Alkaloid in dem Inhalte des Magens oder der Eingeweide, in Speisen oder überhaupt in breiartigen Materien aufzusuchen, so erwärmt man diese mit dem doppelten Gewichte starken, reinen Alkohols unter Zusatz von so viel Weinsteinsäure, dass die Flüssigkeit eben entschieden sauer reagirt (weiterer Zusatz ist zu vermeiden) auf 70 bis 75° C. — Nach völligem Erkalten wird abfiltrirt und das Unlösliche mit starkem reinem Alkohol nachgewaschen.

Sollen die Basen in Herz, Leber, Lunge oder ähnlichen Organen nachgewiesen werden, so zerschneidet man diese fein, befeuchtet sie mit dem nach obiger Angabe angesäuerten Alkohol, presst aus, wiederholt dies bis alles Lösliche ausgezogen ist, und filtrirt die vereinigten Flüssigkeiten.

b. Die alkoholischen Flüssigkeiten werden nunmehr bei ziemlich niederer Temperatur eingeengt. Es kann dies in einer Porzellanschale auf einem Wasserbade geschehen, dessen Wasser man nicht heisser als etwa 80° C. werden lässt. Die Temperatur des Inhalts der Schale steigt dabei nicht über 40 bis 50°. Will man dieselbe noch niedriger halten, so erzeugt man beschleunigte Verdunstung, indem man Luft schief auf die Oberfläche der Flüssigkeit bläst. — Nach Stas soll die Temperatur 35° nicht übersteigen. Er lässt daher unter einer Glocke über Schwefelsäure, mit oder ohne Verdünnung der Luft oder auch in einer Retorte, durch deren Tubulus man einen Luftstrom einleitet, abdampfen. — Eine so weit gehende Vorsicht ist jedoch nur in den seltensten Fällen geboten, jedenfalls kann man immer die Hauptmasse der Flüssigkeit erst auf dem mässig erhitzten Wasserbade verdampfen.

Scheiden sich beim Eindampfen unlösliche Substanzen, Fett etc. aus, wie dies in der Regel der Fall ist, so filtrirt man die jetzt wässerige Lösung durch ein benetztes Filter und verdampft das Filtrat sammt Waschwassern nach einer der oben beschriebenen Methoden bis zur Extractconsistenz. Scheiden sich unlösliche Körper beim Eindampfen der alkoholischen Flüssigkeit nicht aus, so kann natürlicherweise von vornherein zur Extractdicke eingedampft werden.

c. Den Abdampfungs-Rückstand versetzt man, um vollständige Extraction zu ermöglichen, nach und nach mit kleinen Portionen kalten absoluten Alkohols, mischt innig und fügt schliesslich eine grössere Menge Alkohol zu, um alles dadurch Fällbare abzuscheiden. Den alkoholischen Auszug filtrirt man durch ein mit Alkohol befeuchtetes Filter, wäscht den Rückstand mit kaltem Alkohol aus, lässt die alkoholische Lösung bei nicht zu hoher Temperatur verdunsten (siehe oben), nimmt den Rückstand mit wenig Wasser auf und schüttelt die saure Lösung, nachdem man den grösseren Theil der freien Säure durch verdünnte Natronlauge abgestumpft hat, so dass die Reaction nur noch schwach, aber doch deutlich sauer ist, mit reinem — von Weingeist und Weinöl freiem — Aether (Otto). Man trennt die Aetherschicht von der Wasserschicht mittelst eines Scheidetrichters oder einer Quetschhahnbürette und wiederholt das Ausschütteln der sauren wässerigen Lösung mit Aether, bis die letzten Aetherauszüge nicht mehr gefärbt erscheinen.

Der Aether nimmt ausser färbenden Substanzen Pikrotoxin und Digitalin (auch Colchicin) auf. Es ist zweckmässig, die ersten stark gefärbten und die letzten weniger gefärbten Aetherlösungen gesondert zu weiterer Untersuchung (vergl. h.) aufzubewahren.

d. Die wässerige, saure, vom Aether getrennte Lösung wird gelinde erwärmt, um sie von dem noch gelösten Aether zu befreien, dann vorsichtig Natronlauge zugesetzt, bis Curcumapapier entschieden gebräunt wird. Die Alkaloide werden dadurch in Freiheit gesetzt und vorhandenes Morphin im Ueberschuss der Natronlauge gelöst. Die alkalische Flüssigkeit schüttelt man jetzt mit vollkommen reinem Aether und trennt nach $^1/_2$ bis 1 Stunde die ätherischen Auszüge von der wässerigen Flüssigkeit wie in c. Der ätherische Auszug enthält jetzt alle anwesenden Alkaloide, mit Ausnahme des Morphins, von dem nur ein geringer Theil in die Aetherlösung übergeht. Derselbe ist um so geringer, je vollständiger man die saure wässerige Lösung von darin gelöstem Aether befreit hat und je längere Zeit zwischen dem Schütteln mit Aether und der Trennung der Aetherschicht von der wässerigen Flüssigkeit verstrichen ist. Man lässt jetzt zunächst eine Probe des Aetherauszuges in einem grossen Uhrglase verdunsten, welches man auf eine 25 bis 30° C. warme Unterlage stellt (um Wasserverdichtung zu verhüten). Bleibt kein Rückstand, so ist in der Aetherlösung kein Alkaloid gelöst und man geht zu g. über, bleibt dagegen ein solcher, so lässt dessen Beschaffenheit schon manchen Schluss zu; namentlich deuten ölige Streifen auf dem Uhrglase, die sich nach und nach zu einem Tropfen ansammeln und gelinde erwärmt einen unangenehmen, stechenden und erstickenden Ge-

ruch verbreiten, auf eine flüssige, flüchtige Base hin, während ein fester Rückstand oder eine trübe Flüssigkeit, in welcher feste Theilchen suspendirt sind, eine nicht flüchtige, feste Base vermuthen lässt. — Vor Allem wiederholt man nun, sofern der Aetherauszug einen Rückstand liess, das Ausschütteln der alkalischen wässerigen Lösung mit grösseren Aethermengen, bis eine Probe des letzten Aetherauszuges beim Verdunsten keinen Rückstand mehr hinterlässt. Die vereinigten Aetherauszüge lässt man alsdann in einer kleinen Glasschale verdunsten, indem man diese auf ein, Wasser von etwa 30° C. enthaltendes, Wasserbad stellt und nach eingetretener Verdunstung immer wieder nachgiesst.

Die von den Aetherauszügen getrennte, etwa vorhandenes Morphin enthaltende, wässerige alkalische Lösung wird nach g. untersucht.

e. Hat man das Ausschütteln der sauren wässerigen Lösung mit Aether in c. sehr gut und vollständig bewirkt, so bleiben die Alkaloide beim Verdunsten des Aetherauszuges so rein zurück, dass man den Rückstand direct zur Prüfung benutzen kann. Bildet er ölige Streifen oder Tropfen, so bringt man das Schälchen zuletzt ins Vacuum über Schwefelsäure, um den letzten Rest des Aethers und Ammoniaks zu entfernen und prüft den Rückstand auf Coniin und Nicotin nach S. 430, — ist er krystallinisch, so betrachtet man ihn zunächst unter dem Mikroskop und untersucht ihn dann nach §. 246 oder 247, wenn nicht die Beschaffenheit der Kryställchen Veranlassung gibt, direct auf ein bestimmtes Alkaloid zu prüfen, — bildet er amorphe Ringe, so löst man diese in etwas absolutem Alkohol unter gelindem Erwärmen, lässt die Lösung langsam verdunsten, beobachtet, ob man so Kryställchen bekommt und verfährt alsdann mit dem Rückstand wie angegeben.

f. Ist dagegen das Ausschütteln der sauren wässerigen Flüssigkeit mit Aether nicht genügend bewerkstelligt worden, so ist der beim Verdunsten des aus der alkalischen Lösung erhaltenen Aetherauszuges erhaltene Rückstand oft noch nicht rein genug, um direct untersucht werden zu können. Man löst ihn dann in Wasser, welches mit ein wenig verdünnter Schwefelsäure angesäuert worden ist, filtrirt wenn nöthig und schüttelt die saure Lösung wiederholt mit Aether aus (die so erhaltene Aetherlösung kann Reste von Digitalin und Pikrotoxin enthalten und ist wie die in c. erhaltene zu behandeln), dann versetzt man die wässerige Lösung mit Kali- oder Natronlauge bis zum starken Vorwalten und schüttelt wiederholt und unter den in d. angegebenen Vorsichtsmaassregeln mit Aether. Die Aetherauszüge lässt man, wie es in d. vorgeschrieben, verdunsten und verfährt mit dem nun

reinen Alkaloid-Rückstande nach e. *), die wässerige alkalische Lösung aber, welche Reste von Morphin enthalten kann, vereinigt man mit der in d. erhaltenen.

g. Die in d., eventuell in d. und f., erhaltene wässerige alkalische Flüssigkeit, in der anwesendes Morphin ganz oder zum grössten Theil enthalten sein muss, versetzt man mit Salzsäure bis zur sauren Reaction, dann mit Ammon bis zum Vorwalten, unmittelbar darauf mit reinem Amylalkohol und schüttelt **). Da sich das Morphin in erwärmtem Amylalkohol wesentlich leichter löst, als in kaltem, so ist es zweckmässig, die Flasche durch Eintauchen in warmes Wasser zu erwärmen. Nachdem man die Amylalkoholschicht von der Wasserlösung mittelst eines Trichters getrennt hat, wiederholt man das Ausschütteln der ammoniakalischen Flüssigkeit mit Amylalkohol. Man lässt nun die vereinigten Amylalkoholauszüge verdampfen und prüft den Rückstand, falls ein solcher bleibt, auf Morphin. Wäre dasselbe noch nicht rein genug, so reinigt man es durch Auflösen in mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser, Filtriren, Ausschütteln der sauren Flüssigkeit mit warmem Amylalkohol, Versetzen der wässerigen Lösung mit Ammoniak, und Ausschütteln der alkalischen Lösung mit Amylalkohol. Beim Verdunsten des so dargestellten Amylalkoholauszuges bleibt es alsdann rein zurück.

h. Die in c., beziehungsweise in c. und f., beim Ausschütteln der sauren wässerigen Lösungen mit Aether erhaltenen Auszüge sind jetzt noch auf Digitalin und Pikrotoxin zu prüfen. Sie enthalten auch färbende Stoffe etc. und es sind diese namentlich in den ersten Aetherauszügen enthalten. Es ist daher zweckmässig, dem Rathe Otto's folgend, die stark gefärbten und die wenig gefärbten Aetherauszüge gesondert verdunsten zu lassen und die Rückstände gesondert weiter zu untersuchen.

---

*) Für den Fall, dass Strychnin auf diesem Wege noch immer nicht vollkommen rein erhalten werden sollte, empfiehlt Fr. Janssens (Zeitschr. f. analyt. Chem. 4. 48) die Lösung desselben in verdünnter Weinsteinsäure, in welcher noch fremde Substanzen vorhanden sind, unter Umrühren mit soviel fein gepulvertem doppelt-kohlensaurem Natron zu versetzen, dass die Flüssigkeit nur noch durch freie Kohlensäure sauer ist. Scheidet sich dabei irgend ein Niederschlag aus, so filtrirt man denselben sofort durch ein rasch filtrirendes Filter ab. Das Strychnin bleibt durch Vermittelung der freien Kohlensäure gelöst und schlägt sich erst nieder, wenn man das Filtrat zum Kochen erhitzt und theilweise eindampft. Nachdem es abfiltrirt und ausgewaschen ist, löst man es in einer geringen Menge verdünnter Schwefelsäure (1 : 200) auf, fügt kohlensaures Kali im Ueberschuss zu, schüttelt wiederholt mit der sechsfachen Menge Aether und lässt diesen verdunsten.

**) Der von Stas zur Extraction der Alkaloide empfohlene Aether ist von L. v. Uslar und J. Erdmann (Annal. d. Chem. u. Pharm. 120. S. 121, u. 122. S. 360) ganz durch Amylalkohol ersetzt worden. Es empfiehlt sich aber am meisten, beide Extractionsmittel, so wie es in dem mitgetheilten Verfahren vorgeschrieben, nach einander anzuwenden.

Man erwärmt sie mit Wasser und filtrirt die Lösungen von den meist harzartige Beschaffenheit zeigenden Rückständen ab. Reagiren jene sauer, so stumpft man die freie Säure mit etwas gefälltem kohlensaurem Kalk ab, verdampft vorsichtig zur Trockne, erschöpft den Rückstand mit Aether, lässt den Aetherauszug verdunsten, behandelt den Rückstand wieder mit Wasser und benutzt erst den so erhaltenen Wasserauszug zur Prüfung auf Digitalin und Pikrotoxin sowie auf Spuren von Atropin nach §. 247. 1. (Wäre Colchicin vorhanden, so würde die Wasserlösung gelb sein.)

2. Verfahrungsweisen zur Nachweisung des Strychnins, welche auf der Anwendung des Chloroforms beruhen *).

§. 249.

a. Nach Rodgers und Girdwood **).

Man digerirt die zu prüfende Substanz mit verdünnter Salzsäure (1 Säure, 10 Wasser), filtrirt, verdampft das Filtrat im Wasserbade zur Trockne, erschöpft den Rückstand mit Weingeist, verdampft den Auszug, behandelt den Rückstand mit Wasser, filtrirt, übersättigt das Filtrat mit Ammon, fügt etwa 15 Grm. Chloroform hinzu, schüttelt, bringt das Chloroform mittelst einer Pipette in eine Schale, verdunstet im Wasserbade, befeuchtet den Rückstand zur Verkohlung fremder organischer Substanzen mit concentrirter Schwefelsäure, behandelt nach einigen Stunden mit Wasser und filtrirt. Das Filtrat wird wieder mit Ammon übersättigt und mit etwa 4 Grm. Chloroform geschüttelt. Dieses Verfahren wird wiederholt, so lange der Verdampfungsrückstand des Chloroforms noch durch Schwefelsäure verkohlt wird. Von der einen reinen Rückstand gebenden Chloroformlösung bringt man mittelst eines Haarröhrchens Tropfen nach Tropfen an denselben Fleck einer erwärmten Porzellanschale, lässt verdampfen und prüft schliesslich den Rückstand mit Schwefelsäure und chromsaurem Kali. — Es gelang den Genannten, auf diesem Wege selbst $^1/_{2000}$ Gran ($^1/_{30}$ Milligr.) Strychnin nachzuweisen.

b. Nach E. Prollius ***).

Man kocht zwei Mal mit Weingeist unter Zusatz von etwas Weinsteinsäure aus, verdampft in gelinder Wärme, filtrirt die rückständige saure wässerige Lösung durch ein angenässtes Filter, fügt Ammon im geringen Ueberschuss, dann etwa $1^1/_2$ Grm. Chloroform hinzu, schüttelt, befreit das abgelagerte Chloroform durch Decantiren und Abschütteln

*) Diese Methoden lassen sich jedenfalls auch zur Abscheidung anderer Alkaloide benutzen, doch ist deren Verhalten zu Chloroform noch nicht genügend festgestellt. — **) Pharm. Journ. Trans. XVI. 497; Jahresbericht von Liebig und Kopp, 1857. 603. — ***) Chem. Centralbl. 1857. 231.

mit Wasser von aller Lauge, vermischt es mit 3 Thln. Weingeist und lässt verdunsten. Ist eine einigermaassen erhebliche Menge Strychnin zugegen, so erhält man dasselbe in Krystallen.

c. Nach R. P. Thomas *).

Man säuert mit reiner Essigsäure **) (specif. Gewicht 1,041) schwach aber deutlich an und digerirt mehrere Stunden in gelinder Wärme. Die durch Coliren und Pressen erhaltene Flüssigkeit filtrirt man, fügt Kalilauge bis zum starken Vorwalten zu und schüttelt mit Chloroform. Vorhandenes Strychnin löst sich darin und bleibt beim Verdunsten des von der Lauge getrennten Chloroforms zurück, während etwa vorhandenes Morphin in der kalischen Lösung bleibt und daraus durch Salmiak allmählich gefällt werden kann.

3. Methode, welche Graham und A. W. Hofmann anwendeten, um Strychnin im Bier nachzuweisen ***).

§. 250.

Diese Methode, welche sich auf die schon früher bekannte Thatsache stützt, dass eine Strychninsalzlösung, mit Thierkohle geschüttelt, ihr Strychnin an die Kohle abgibt, wird sich ohne Zweifel auch zur Auffindung anderer Alkaloide anwenden lassen. Sie wird folgendermaassen ausgeführt:

Man schüttelt die auf Strychnin zu untersuchende wässerige, neutrale oder schwach saure Flüssigkeit mit Thierkohle (Graham und Hofmann wendeten auf das Liter Flüssigkeit 30 Gramm an), lässt 12 bis 24 Stunden unter von Zeit zu Zeit wiederholtem Aufschütteln stehen, filtrirt ab, wäscht die Kohle zweimal mit Wasser aus und kocht sie sodann mit Weingeist von 80 bis 90 Proc., und zwar mit etwa viermal so viel, als man Kohle genommen hatte, eine halbe Stunde lang, indem man das Verdampfen des Weingeistes durch eine geeignete Vorrichtung verhindert. Den von der Kohle heiss abfiltrirten Weingeist destillirt man ab, setzt zum bleibenden wässerigen Rückstand etwas Kalilauge, schüttelt mit Aether und decantirt denselben. Beim freiwilligen Verdunsten hinterlässt derselbe das Strychnin in einem hinlänglichen Grade von Reinheit, so dass es durch Reagentien leicht weiter geprüft werden kann (s. §. 238).

Dieselbe Methode wandte St. Macadam †) an bei seinen zahlreichen Versuchen, Strychnin in Thierleichen nachzuweisen. Er behandelte die

---

*) Zeitschr. f. analyt. Chem. 1. 517. — Die Methode nimmt auf die gleichzeitige Anwesenheit von Morphin Rücksicht.

**) Thomas empfiehlt aus dem Grunde Essigsäure, weil dieselbe auch die gerbsauren Verbindungen des Strychnins und Morphins löst.

***) Annal. der Chem. und Pharm. 83. 39. — †) Pharm. Journ. Trans. XVI. 120. 160. — Liebig und Kopp, Jahresbericht 1856. 759.

zerkleinerten Materien mit einer verdünnten wässerigen Auflösung von Oxalsäure in der Kälte, filtrirte durch Musselin, wusch mit Wasser aus, erhitzte zum Sieden, filtrirte noch warm von coagulirten eiweissartigen Materien ab, schüttelte mit Kohle und verfuhr wie angegeben. Nach seinen Mittheilungen war der beim Verdunsten der alkoholischen Lösung bleibende Rückstand in der Regel unmittelbar zur Prüfung auf Strychnin geeignet. War dies nicht der Fall, so behandelte er den Rückstand nochmals mit Oxalsäurelösung und wiederholte das Verfahren mit Thierkohle.

4. Abscheidung durch Dialyse.

§. 251.

Das in §. 8 beschriebene, von Graham in die Wissenschaft eingeführte, dialytische Verfahren kann auch mit Vortheil zur Abscheidung von Alkaloiden aus Speisebrei, Eingeweiden etc. angewandt werden. Man säuert mit Salzsäure an und bringt in den Dialysator. Die Alkaloide, als Krystalloidsubstanzen, durchdringen die Membran und finden sich nach 24 Stunden grösstentheils in der äusseren Flüssigkeit. Je nach Umständen kann aus der durch Abdampfen eingeengten Lösung das Alkaloid unmittelbar gefällt oder nach einer der zuvor beschriebenen Methoden noch weiter gereinigt werden.

II.

Allgemeines Schema, nach dem man die Substanzen, welche zur Erlernung der qualitativen Analyse untersucht werden sollen, zweckmässig auf einander folgen lässt.

§. 252.

Wenn man sich mit dem Verhalten der Körper zu Reagentien vertraut gemacht, auch erlernt und erprobt hat, wie man mit Hülfe derselben Basen und Säuren verschiedener Gruppen, sowie die Glieder einer und derselben Gruppe, von einander scheidet oder neben einander erkennt, so geht man behufs der Erlernung der qualitativen chemischen Analyse zu wirklichen Untersuchungen über. Es ist nicht gleichgültig, ob man dabei in der Reihenfolge der Substanzen, die man zur Uebung analysirt, ganz regellos verfährt, oder ob man sämmtliche Untersuchungen unter einen bestimmten Gesichtspunkt bringt. Viele Wege können zum Ziele führen, aber einer ist immer der nächste. — Um auch in dieser Beziehung

Anfänger nicht ohne Leitung zu lassen, theile ich im Folgenden einen Faden mit, an welchem fortschreitend man, wie die Erfahrung gelehrt hat, schnell und sicher zum Ziele gelangt.

Vor Allem muss man, so lange man zur Uebung analysirt, mit grösster Bestimmtheit erfahren können, ob die gefundenen Resultate richtig sind, weil nur dadurch das Vertrauen auf die Sicherheit des Ganges hervorgerufen und eine gewisse Zuversicht, ein gewisses nothwendiges Selbstvertrauen geweckt wird; weil nur daraus die sichere Ueberzeugung erwächst, dass man bloss durch ein geregeltes und durchdachtes Verfahren zum Ziele gelangt. Man lasse sich also die zu untersuchenden Substanzen von einem Anderen, der ihre Bestandtheile ganz genau kennt, mischen. Hat man dazu keine Gelegenheit, so ist es noch besser, man mischt sie sich selbst und weist sodann, gerade als ob man sie noch nicht wüsste, die Bestandtheile nach, als wenn man ganz unbekannte Substanzen zur Untersuchung wählt. Man gebe nur einem Anfänger ein Gemenge, dessen Bestandtheile man selbst nicht genau kennt, zum Analysiren; er findet dies und jenes, das unterliegt keinem Zweifel, wo soll aber sein Vertrauen auf die Methode und auf die eigene Kraft herkommen, wenn man ihm nur antworten kann: „es ist leicht möglich, es kann wohl sein," und wenn man nicht zu sagen vermag „ja" oder „nein". —

Je nach der Individualität und den Vorkenntnissen wird der Eine sehr viele, der Andere nur eine geringere Anzahl von Untersuchungen machen müssen, bevor er seiner Sache gewiss wird. Ich theile das folgende Schema in hundert Nummern, weil ich zu der Ueberzeugung gelangt bin, dass eine solche Anzahl zweckmässig ausgewählter Analysen zur gründlichen Erlernung des Verfahrens im Durchschnitt hinreichend ist.

A. Von 1 bis 20.

Wässerige Lösungen einfacher Salze, z. B. von schwefelsaurem Natron, salpetersaurem Kalk, Chlorkupfer etc.

Zur Erlernung des Ganges bei der Analyse von in Wasser löslichen Substanzen, die nur eine Base enthalten. Hierbei soll nur nachgewiesen werden, welche Base in der Flüssigkeit gelöst ist, auf den Beweis aber, dass sonst keine andere zugegen ist, wie auch auf die Auffindung der Säure, kein Gewicht gelegt werden.

B. Von 21 bis 50.

Eine Säure und eine Base enthaltende Salze etc. in fester Form (zerrieben), z. B. kohlensaurer Baryt, borsaures Natron, phosphorsaurer Kalk, arsenige Säure, Chlornatrium, Weinstein, Grünspan, schwefelsaurer Baryt, Chlorblei etc.

Zur Erlernung, wie eine feste Substanz durch Erhitzen im Röhrchen und vor dem Löthrohre einleitend geprüft und in eine zur Untersuchung geeignete Form gebracht (also aufgelöst oder aufgeschlossen) wird, wie

ein Metalloxyd gefunden wird, wenn der Körper auch nicht in Wasser löslich ist, und wie man die Gegenwart einer Säure nachweist. — Base und Säure muss gefunden werden; der Beweis, dass sonst keine Bestandtheile vorhanden sind, ist nicht zu führen.

C. Von 51 bis 65.

Wässerige oder saure Lösungen mehrerer Basen.

Zur Erlernung der Trennung und Unterscheidung mehrerer Metalloxyde. Es muss der Beweis geführt werden, dass ausser den gefundenen Basen keine weiteren vorhanden sind. Die Säuren bleiben unberücksichtigt.

D. Von 66 bis 80.

Trockne Gemenge der mannigfaltigsten Art. Die Salze seien theils anorganische, theils organische, die Gemengtheile theils in Wasser oder Salzsäure löslich, theils unlöslich, also z. B. Chlornatrium, kohlensaurer Kalk und Kupferoxyd, — phosphorsaure Ammon-Magnesia und arsenige Säure, — weinsteinsaurer Kalk, oxalsaurer Kalk und schwefelsaurer Baryt — phosphorsaures Natron, salpetersaures Ammon und essigsaures Kali etc.

Zur Erlernung der Behandlung mannigfach gemengter Substanzen mit Lösungsmitteln, der Auffindung mehrerer Säuren neben einander, der Erkennung der Basen auch bei Gegenwart phosphorsaurer, oxalsaurer etc. alkalischer Erden; wie überhaupt zur Vorbereitung auf Analysen, wie sie in der Wissenschaft und im Leben vorkommen.

Es müssen alle Bestandtheile gefunden, es muss die Natur der Substanz erforscht werden.

E. Von 81 bis 100.

Gegenstände, wie sie die Natur bietet, wie sie im Handel vorkommen etc. — Brunnenwasser, Mineralien aller Art, Ackererde, Pflanzenaschen, Pottasche, Soda, Metalllegirungen, Farben etc.

III.

Darstellung der Resultate bei den zur Uebung analysirten Substanzen.

§. 253.

So lange man zur Uebung analysirt, ist es nicht gleichgültig, in welcher Weise man die Resultate aufschreibt, und wenn auch alle Darstellungsweisen des Gefundenen zuletzt dasselbe Ziel erreichen lassen, so ist doch eine geeigneter als die andere, zu einem raschen Eindringen in den Gegenstand, zu einem schnellen und doch gründlichen Umfassen des ganzen Gebietes hinzuführen.

Aus den folgenden Beispielen möge man die Art ersehen, die sich mir in der Praxis als die zweckmässigste und geeignetste dauernd bewährt hat.

Etwaige Darstellungsweise für Nr. 1 bis 20.

Farblose Flüssigkeit von neutraler Reaction.

HCl	HS	NH_4S	NH_4O, CO_2 und NH_4Cl,
O*)	O	O	weisser Niederschlag,
also kein	kein PbO	kein FeO	also entweder
AgO	„ HgO	„ MnO	BaO, SrO oder CaO,
Hg_2O	„ CuO	„ NiO	durch Gypslösung kein Niederschlag, also
	„ BiO_3	„ CoO	Kalk.
	„ CdO	„ ZnO	Bestätigung durch
	„ AsO_3	„ Al_2O_3	$\overline{O}$.
	„ AsO_5	„ Cr_2O_3	
	„ SbO_3		
	„ SnO_2		
	„ SnO		
	„ AuO_3		
	„ PtO_2		
	„ Fe_2O_3		

Etwaige Darstellungsweise für Nr. 21 bis 50.

Weisses Pulver, beim Erhitzen im Krystallwasser schmelzend, alsdann unveränderlich. In Wasser löslich, Reaction neutral.

HCl	HS	NH_4S	NH_4O, CO_2 und NH_4Cl	$PO_5, 2NaO, HO$ und NH_4O,
O	O	O	O	weisser Niederschlag, also Magnesia.

*) O bedeutet in diesen Darstellungen keine Reaction.

Die Säure kann, da die Base MgO und die Substanz in Wasser löslich ist, nur Cl, J, Br, SO_3, NO_5, $\overline{A}$ etc. sein. — Die Abwesenheit der organischen Säuren und der Salpetersäure ergibt sich aus der vorläufigen Prüfung.

BaCl erzeugt einen weissen Niederschlag. Derselbe ist in HCl unlöslich, also Schwefelsäure.

Etwaige Darstellungsweise von 51 *bis* 100.

Weisses Pulver, beim Erhitzen in der Glasröhre bleibend gelb werdend, ohne Bildung eines Sublimates und ohne Erzeugung sichtbarer oder durch saure oder alkalische Reaction ausgezeichneter Dämpfe. Vor dem Löthrohre dehnbares Metallkorn und gelber, nach aussen beim Erkalten weisser Beschlag. — In Wasser unlöslich, mit Salzsäure aufbrausend, darin nicht völlig löslich, in Salpetersäure leicht zur ungefärbten Flüssigkeit löslich.

HCl	HS	NH_4S		NH_4O, CO_2	Beim Abdampfen	Kalkhydrat
weisser Niederschlag, im Ueberschuss unlöslich, in heissem Wasser vollständig löslich, die Lösung durch SO_3 weiss gefällt: Blei.	schwarzer Niederschlag, in Schwefelammonium unlöslich, in Salpetersäure leicht löslich. SO_3 erzeugt weissen Niederschlag: Blei, Prüfungen auf Cu, Bi und Cd negativen Resultates.	weisser Niederschlag. Ammon allein gab keinen. Salzsaure Lösung desselben mit Natron im Ueberschuss klar.	HS weisser Niederschlag: Zink.	weisser Niederschlag, in Salzsäure gelöst. Durch Gypslösung nach einiger Zeit weisser Niederschlag: Strontian. Ausfällen und Kochen mit schwefelsaurem Ammon, Filtrat mit $\overline{O}$ auf Kalk geprüft. O.	kein fixer Rückstand.	entband kein Ammon.
		NH_4Cl O.				

Von Säuren hat sich Kohlensäure bereits ergeben. Von den übrigen können folgende nicht zugegen sein:

Organische Säuren und Salpetersäure nicht nach der vorläufigen Prüfung;

ClO_5 nicht, weil in Wasser ganz unlöslich;

S und SO_3 nicht, weil in Salpetersäure leicht löslich:

CrO_3 nicht wegen der Farblosigkeit der salpetersauren Lösung;

PO_5, SiO_2, HFl und $\overline{O}$ nicht, weil die vom Schwefelblei abfiltrirte Lösung durch Ammon allein nicht gefällt wurde;

BO_3 konnte in geringer Menge zugegen sein, eine Prüfung auf dieselbe gab ein negatives Resultat;

Cl, J, Br konnten in Form basischer Bleiverbindungen zugegen sein. Bei Prüfung der salpetersauren Lösung mit salpetersaurem Silberoxyd entstand jedoch kein Niederschlag, somit waren sie nicht zugegen.

Also vorhanden { Basen: Bleioxyd, Zinkoxyd, Strontian. / Säuren: Kohlensäure.

IV.

Zusammenstellung

der

häufiger vorkommenden Formen und Verbindungen der beachteten Körper,

mit besonderer Berücksichtigung der Classen,

in welche sie nach ihrer Löslichkeit

in Wasser, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser

gehören.

---

§. 254.

Vorbemerkungen.

Der Kürze wegen sind die Classen, in welche die Verbindungen nach der in §. 179 gemachten Eintheilung gehören, durch Zahlen ausgedrückt. Es bedeutet also I oder 1 einen in Wasser löslichen, — II oder 2 einen in Wasser unlöslichen, in Salzsäure, Salpetersäure oder Königswasser löslichen, — III oder 3 einen in Wasser, Salzsäure oder Salpetersäure unlöslichen Körper. Für die auf der Grenze stehenden Körper sind die Zahlen der betreffenden Classen verbunden angegeben. Es bezeichnet also I — II oder 1 — 2 einen Körper, der in Wasser schwer löslich ist, von Salzsäure oder Salpetersäure aber gelöst wird; I — III oder 1 — 3 einen in Wasser schwer löslichen Körper, dessen Löslichkeit durch Zusatz von Säuren nicht erheblich vermehrt wird, und II — III oder 2 — 3 einen in Wasser unlöslichen, in Säuren schwer löslichen Körper. Ist das Verhalten einer Verbindung zu Salzsäure von dem zu Salpetersäure wesentlich verschieden, so wird es in den Anmerkungen gesagt.

Die Haloidsalze und Schwefelverbindungen sind der Uebersichtlichkeit wegen, je nachdem sie ihnen entsprechen, in den Columnen des Oxyds oder Oxyduls ohne besondere Ueberschrift des reinen Metalls angeführt, also Quecksilberchlorür unter Quecksilberoxydul, Quecksilberchlorid unter Quecksilberoxyd, — Zinnsulfür unter Zinnoxydul, Zinnsulfid unter Zinnoxyd etc.

Die officinellen und in der Industrie häufiger angewandten Verbindungen sind mit römischen Zahlen bezeichnet, so BaO mit I, — BaO, SO_3 mit III, — BaO, CO_2 mit II etc., während die nicht officinellen oder technisch nicht oder nur selten verwandten mit arabischen Zahlen bezeichnet sind, so BaO, BO_3 mit 2, — BaBr mit 1 etc.

Unter den Salzen sind im Durchschnitt die neutralen verstanden, basische und saure aber, wie auch Doppelsalze, im Falle sie officinell oder technisch wichtig sind, in den Anmerkungen angeführt. Die bei den betreffenden neutralen oder einfachen Salzen stehenden kleineren Zahlen deuten auf die Anmerkungen hin. Dieselben finden sich Seite 474 und 475.

	KO	NaO	NH_4O	BaO	SrO	CaO	MgO	Al_2O_3	Cr_2O_3	ZnO	MnO	NiO	Co(
	I	I	I	I	1	I-II	II	II	IIu.III	II	2_{17}	II	II
CrO_3	I_1	1	1	2	1-2	1-2	1		2	1	1	2	2
SO_3	$I_{2\cdot13\cdot15}$	I	$I_{14\cdot20\cdot30}$	III	III	I-III	I	$I_{13\cdot14}$	Iu.II_{15}	I	I	I	I
PO_5	1	I_8	$1_{8\cdot12}$	2	2	II_{11}	2_{12}	2	2	2	2	2	2
BO_3	1_3	1	1_9	2	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2
$\overline{O}$	I_4	I	I	2	2	II	2	2	1-2	2	1-2	2	2
Fl	1	1	I	2-3	2-3	II-III	2-3	1	1	1-2	2	1-2	1-2
CO_2	I_5	I_{10}	I	II	II	II	II			II	II	II	II
SiO_2	I	I		2	2	2	2	2-3	2	2	2	2	2
Cl	I_{37}	I_{35}	$I_{21\cdot38}$	I	I	I	I	1	I u. III	I	I	I	I
Br	I	I	1	1	1	1	1	1	1 u. 3	1	1	1	1
J	I	1	I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cy	I	1	1	1-2	1	1	1		2	II	2	2-3	2-3
Cfy	I	1	1	1-2	1	1	1			II-III	2	3	3
Cfdy	I	1	1			1	1			2	3	3	3
S	I	I	I	I	1	I-II_{45}	2	2	2-3	II_{16}	II	2_{18}	2_{1}
NO_5	I	I	I	I	I	1	1	1	I	1	1	1	I
ClO_5	I	1	1	1	I	1	1	1	1	1	1	1	1
$\overline{T}$	$I_{5\cdot6\cdot7\cdot22\cdot46}$	I_7	1_6	2	2	II	1-2	1	1	2	1-2	2	1
$\overline{Ci}$	1	1	1	2	2	1-2	1	1	1	1-2	2	1	1
$\overline{Ma}$	1	1	1	1 u. 2	1	2	1	1		1	1		
$\overline{Su}$	1	1	1	1-2	1-2	1-2	1	1-2		1-2	1	1	1-2
$\overline{Bz}$	1	1	1	1		1	1				1		1
$\overline{A}$	I	I	I	I	1	I	1	I	1	I	1	1	1
$\overline{Fo}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AsO_3	I	1	1	2	2	2	2				2	2	2
AsO_5	I	I	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	KO	NaO	NH_4O	BaO	SrO	CaO	MgO	Al_2O_3	Cr_2O_3	ZnO	MnO	NiO	Co(

O	Fe_2O_3	Ag O	Pb O	Hg_2O	Hg O	Cu O	BiO_3	Cd O	AuO_3	PtO_2	Sn O	SnO_2	SbO_3	
	II	2	II_{24}	II	II	II	2	2		2	2	2 u. 3	II_{42}	
	1	2	II-III	2	1-2	1	2	2			2		2	CrO_3
20	I	I-II	II-III	1-2	1_{27}	I_{30}	1	1		1	1		2	SO_3
	II	2	2	2	2	2	2	2			2	2	1-2	PO_5
	2	2	2			2	2	1-2			2			BO_3
	2	2	2	2	2	2	2	2		1	2	1	2	$\overline{O}$
-2	1	1	2		1-2	2	1	1-2			1	1	1	Fl
I		2	II	2	2	II	2	2						CO_2
	2		2			2		2						SiO_2
	I_{21}	III	I-III	II-III	I_{28}	I	$I-II_{33}$	I	I_{35}	$I_{37\cdot38}$	I	I_{40}	$I-II_{43}$	Cl
	1	3	1-3	2-3	1	1	1-2	I	1	1			1-2	Br
	1	3	I-II	II	II	1	2	I	2	3	1	1	1-2	J
2-3		III	2		I	2		2	I	1				Cy
3	III	3	2			3					3	3		Cfy
III	1	3	1-2								3			Cfdy
II	2	2_{23}	II	II	II_{29}	2_{31}	2	II	2_{36}	2_{39}	2_{41}	2_{41}	$II_{44\cdot45}$	S
1	1	I	I	I_{26}	I	I	I_{34}	1		1				NO_5
1	1	1	1	1	1	1	1	1			1			ClO_5
1-2	I_{22}	2	2	1-2	2	1	2	1-2			2		2_{46}	$\overline{T}$
1	I	2	2	2	1-2	1		2						$\overline{Ci}$
	I	1-2	1-2	2	1-2	1					1	1		$\overline{Ma}$
1-2	2	2	2	2	1-2	1-2		1				2		$\overline{Su}$
1	2	1-2	2	2	1-2	2		1						$\overline{Bz}$
1	I	1	I_{25}	1-2	1	I_{32}	1	1			1	1		$\overline{A}$
1	I	1	1-2	1	1	1	1	1			1			$\overline{Fo}$
2	2	2	2	2	2	II							2	AsO_3
2	2	2	2	2	2	2	2					2	2	AsO_5
Fe O	Fe_2O_3	Ag O	Pb O	Hg_2O	Hg O	Cu O	BiO_3	Cd O	AuO_3	PtO_2	Sn O	SnO_2	SbO_3	

Anmerkungen.

1. Doppelt-chromsaures Kali I.
2. Doppelt-schwefelsaures Kali I.
3. Boraxweinstein I.
4. Saures oxalsaures Kali I.
5. Saures weinsteinsaures Kali I.
6. Weinsteinsaures Ammon-Kali I.
7. Weinsteinsaures Natron-Kali I.
8. Phosphorsaures Natron-Ammon I.
9. Saures borsaures Natron I.
10. Doppelt-kohlensaures Natron I.
11. Basisch phosphorsaurer Kalk II.
12. Phosphorsaure Ammon-Magnesia II.
13. Schwefelsaures Thonerde-Kali I.
14. Schwefelsaures Thonerde-Ammon I.
15. Schwefelsaures Chromoxyd-Kali I.
16. Schwefelzink in Salpetersäure leicht, in Salzsäure etwas schwer löslich.
17. Manganhyperoxyd, in Salzsäure leicht, in Salpetersäure nicht löslich.
18. Schwefelnickel wird von Salpetersäure ziemlich leicht, von Salzsäure sehr schwierig zersetzt.
19. Schwefelkobalt, wie Schwefelnickel.
20. Schwefelsaures Eisenoxydul-Ammon I.
21. Ammonium-Arsenchlorid I.
22. Weinsteinsaures Eisenoxyd-Kali I.
23. Schwefelsilber, nur in Salpetersäure löslich.
24. Mennige wird von Salzsäure in Chlorblei, von Salpetersäure in von Uebersehuss der Säure gelöst werdendes Oxyd und in braunes, in Salpetersäure unlösliches, Bleihyperoxyd verwandelt.
25. Drittelessigsaures Bleioxyd I.
26. Mercurius solubilis Hahnemanni II.
27. Basisch schwefelsaures Quecksilberoxyd II.
28. Quecksilberchlorid-Quecksilberamid II.
29. Quecksilbersulfid, nicht in Salzsäure, nicht in Salpetersäure, wohl aber in erhitztem Königswasser löslich.
30. Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak I.
31. Schwefelkupfer wird von Salzsäure schwierig, von Salpetersäure, leicht zersetzt.
32. Basisch essigsaures Kupferoxyd, in Wasser partiell, in Säuren vollständig löslich.
33. Basisches Chlorwismuth II.

34. Basisch salpetersaures Wismuthoxyd II.
35. Natriumgold-Chlorid I.
36. Schwefelgold wird von Salzsäure und von Salpetersäure nicht, wohl aber von erhitztem Königswasser gelöst.
37. Kalium-Platinchlorid I — 3.
38. Ammonium-Platinchlorid I — III.
39. Schwefelplatin wird von Salzsäure nicht, von kochender Salpetersäure wenig angegriffen, von erhitztem Königswasser gelöst.
40. Chlorammonium-Zinnchlorid I.
41. Zinnsulfür und Zinnsulfid werden von erhitzter Salzsäure zersetzt und aufgelöst, von Salpetersäure in im Ueberschuss der Säure unlösliches Oxyd verwandelt. — Sublimirtes Zinnsulfid wird nur von erhitztem Königswasser aufgelöst.
42. Antimonoxyd in Salzsäure, nicht in Salpetersäure löslich.
43. Basisches Antimonchlorid II.
44. Schwefelantimon wird von Salzsäure, namentlich beim Erhitzen, vollständig gelöst, von Salpetersäure zersetzt aber nur kleinerentheils gelöst.
45. Schwefelantimoncalcium I — II.
46. Weinsteinsaures Antimonoxydkali I.

Alphabetisches Register.

A

Abdampfen 15.
Ackererde, Analyse 367.
Aepfelsäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 297, in zusammengesetzten Verbindungen 335.
— Verhalten zu Reagentien 256.
Aether, als Reagens 46.
Alkalische Lösungen, Untersuchung derselben 307.
Alkaloide 400, Ausmittelung 451, in Speisen etc. 458.
Alkohol, als Reagens 46.
Ameisensäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 297, in zusammengesetzten 336.
— Verhalten zu Reagentien 264.
Ammon, als Reagens 64.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 292, in zusammengesetzten 330, in Ackererden 370, in Brunnenwassern 355.
— Verhalten zu Reagentien 104.
— kohlensaures, als Reagens 73.
— molybdänsaures, als Reagens 76.
— oxalsaures, als Reagens 71.
Antimon, Entdeckung in Legirungen 286.
— Verhalten 180.
Antimonoxyd, Entdeckung in einfachen Verbindungen 288, in zusammengesetzten 314, in Quellen 357, in Speisen etc. 383.
— Verhalten zu Reagentien 180.
Apparat, analytischer 39.
Arsen, Verhalten 184.
— Darstellung aus arseniger Säure 191, aus Schwefelarsen etc. 191.
Arsenige Säure, Verhalten zu Reagentien 184.
Arsensäure, Verhalten zu Reagentien 194.
Arsenige und Arsensäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 288, in zusammengesetzten 313, in Quellensintern 365, in Speisen, Leichnamen etc. 381.
— Unterscheidung beider 199.
Asche von Pflanzen, Thieren, Düngern etc. Untersuchung derselben 398.
Atropin, Verhalten zu Reagentien 447.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 453.
— Entdeckung in zusammengesetzten Verbindungen 455.
— Entdeckung in Speisen etc. 458.
Auflösung 5.
— behufs der Analyse 282.
Aufschliessen 18.
Aussüssen 12.
Auswaschen 12.

B.

Baryt, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 292, in einfachen unlöslichen 305, in zusammengesetzten löslichen 327, in zusammengesetzten unlöslichen 342, in Mineralwassern 361, in Quellensintern 367.

Barythydrat, als Reagens 65, 93.
— kohlensaurer, als Reagens 81.
— salpetersaurer, als Reagens 81.
— Verhalten zu Reagentien 110.
— wasser, als Reagens 65.
Bechergläser 40.
Benzoësäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 297, in zusammengesetzten 336.
— Verhalten zu Reagentien 261.
Bernsteinsäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 297, in zusammengesetzten Verbindungen 335.
— Verhalten zu Reagentien 260.
Beryllerde, Entdeckung 419.
— Verhalten zu Reagentien 125.
Blausäure, Entdeckung in Speisen, Leichnamen etc. 389.
— Verhalten zu Reagentien 237.
Blei, Verhalten 158.
Bleioxyd, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 287, 288, in einfachen unlöslichen 303, in zusammengesetzten löslichen 306, 317, in unlöslichen 339, in Quellensintern 365, in Speisen etc. 380.
— essigsaures, als Reagens 85.
— Verhalten zu Reagentien 158.
Blutlaugensalz, als Reagens 79.
Borax, als Reagens 96.
Borsäure, Entdeckung derselben in einfachen Verbindungen 295, 300, in zusammengesetzten 326, 334, in Silicaten 349, 351, in Mineralwassern 363.
— Verhalten zu Reagentien 218.
Brom, Entdeckung in einfachen Verbindungen 295, 303, in zusammengesetzten Verbindungen 332, in Mineralwassern 363.
— Verhalten 232.
Bromwasserstoffsäure, Verhalten zu Reagentien 232.
Brucin, Entdeckung in einfachen Verbindungen 454, in zusammengesetzten 457, in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 443.
Brunnenwasser, Analyse 353.
Buttersäure, Verhalten zu Reagentien 267.

C.

Cadmium, Verhalten 167.
Cadmiumoxyd, Entdeckung in einfachen Verbindungen 288, in zusammengesetzten 316.
— Verhalten zu Reagentien 167.
Cäsiumoxyd, Entdeckung in Mineralwassern 364.
— Verhalten zu Reagentien 107.
Ceroxyd, Entdeckung 419.
— Verhalten zu Reagentien 129.
Chinin, Entdeckung in einfachen Verbindungen 453, in zusammengesetzten 457, in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 437.
Chlor, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 295, 301, in einfachen unlöslichen 303, in zusammengesetzten löslichen 332, in zusammengesetzten unlöslichen 339, in Ackererden 369, in Brunnen- und Mineralwassern 354, in Silicaten 349, 351.
Chlor, Verhalten 231.
— und Chlorwasser, als Reagens 53.
Chlorammonium, als Reagens 77.
Chlorbaryum, als Reagens 80.
Chlorcalcium, als Reagens 82.
Chlorige Säure, Verhalten zu Reagentien 247.
Chloroform, als Reagens 46.
Chlorsäure, Entdeckung in Verbindungen 295, 333.
— Verhalten zu Reagentien 250.
Chlorwasserstoffsäure, als Reagens 52.
— Verhalten zu Reagentien 231.
Chromeisenstein, Zersetzung 342.
Chromoxyd, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 290, in zusammengesetzten löslichen 321, 325, in unlöslichen 339.
— Verhalten zu Reagentien 123.
Chromsäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 293, in zusammengesetzten 331.
— Verhalten zu Reagentien 207.
Cinchonin, Entdeckung in einfachen Verbindungen 453, in zusammengesetzten 457, in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 438.
Citronensäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 296, in zusammengesetzten 335.
— Verhalten zu Reagentien 254.
Coniin, Entdeckung in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 429.
Curcumapapier 90.
Cyan, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 295, in zusammengesetzten löslichen 332.
Cyankalium, als Reagens auf nassem Wege 77, auf trockenem Wege 95.
Cyanmetalle, in Wasser unlösliche, Analyse 344.
Cyanwasserstoffsäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 295, in zusammengesetzten 332, in Speisen, Leichnamen 389.
— Verhalten zu Reagentien 237.

D.

Decantation 12.
Destillation 16.
Destillirapparat 17.
Dialysator 14.
Dialyse 13.
Didymoxyd, Verhalten zu Reagentien 130.
Digitalin, Entdeckung in einfachen Verbindungen 454, in zusammengesetzten 455, in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 449.

E.

Einleitende Prüfung fester Körper 274.
— — flüssiger Körper 281.
Eisen, als Reagens 67.
— Verhalten 145.
Eisenchlorid, als Reagens 84.
Eisenoxyd, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 287, in zusammengesetzten 321, 325, in Ackererden 370, 371.
— Verhalten zu Reagentien 146.
Eisenoxydul, Entdeckung in einfachen Verbindungen 290, in zusammengesetzten 321, 325, in Ackererden 371, in Brunnen- und Mineralwassern 354, 362.
— schwefelsaures, als Reagens 83.
— Verhalten zu Reagentien 145.
Erbiumoxyd, Entdeckung 420.
— Verhalten zu Reagentien 128.
Essigsäure, als Reagens 51.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 297, in zusammengesetzten 336.
— Verhalten zu Reagentien 263.

F.

Fällung 9.
Ferridcyan, Entdeckung in einfachen Verbindungen 295, in zusammengesetzten 332, 344.
Ferridcyankalium, als Reagens 79.
Ferridcyanwasserstoffsäure, Verhalten zu Reagentien 241.
Ferrocyan, Entdeckung in einfachen Verbindungen 295, in zusammengesetzten 332, 344.
Ferrocyankalium, als Reagens 79.
Ferrocyanwasserstoffsäure, Verhalten zu Reagentien 240.
Filtration 10.
Filtrirgestell 11.
Filtrirpapier 10.
Flamme, Theile derselben 21.
Flammenfärbung, als analytisches Erkennungsmittel 33.
Fluor, Entdeckung in einfachen Verbindungen 294, 300, 303, in zusammengesetzten löslichen 326, 333, in unlöslichen 342, in Mineralwassern 360, in Quellensintern 367, in Silicaten 330.
Fluorcalcium, als Reagens 94.
Fluorwasserstoffsäure, Verhalten zu Reagentien 221.

G.

Gaslampe 26.
Geïnsäure, Entdeckung in Ackererde 373.
Georginenpapier 90.
Glühen 17.
Gold, Entdeckung in Legirungen 286.
— Verhalten 173.
Goldchlorid, als Reagens 88.
Goldoxyd, Entdeckung in einfachen Verbindungen 289, in zusammengesetzten 314.
— Verhalten zu Reagentien 173.
Gypslösung, als Reagens 82.

H.

Huminsäure, Entdeckung in Ackererde 373.

I.

Indigolösung, als Reagens 91.
Indium, Verhalten 153.
Indiumoxyd, Entdeckung 419.
— Verhalten zu Reagentien 153.
Iridium, Entdeckung 417.
— Verhalten zu Reagentien 200.

J.

Jod, Entdeckung in einfachen Verbindungen 295, 303, in zusammengesetzten 332, in Mineralwassern 363.
— Verhalten 235.
Jodsäure, Verhalten zu Reagentien 210.
Jodwasserstoffsäure, Verhalten zu Reagentien 235.

K.

Kali, als Reagens 62.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 293, in zusammengesetzten 329, in Ackererden 370, in Brunnen- und Mineralwassern 355, in Silicaten 347, 350.

Kali, Verhalten zu Reagentien 101.
— antimonsaures, als Reagens 75.
— chromsaures, als Reagens 75.
— salpetrigsaures, als Reagens 74.
— schwefelsaures, als Reagens 70.
— zweifach-schwefelsaures, als Reagens 94.
Kalk, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 292, in einfachen unlöslichen 304, in zusammengesetzten löslichen 325, 327, in unlöslichen 339, in Ackererden 367, in Brunnen- und Mineralwassern 353.
— Verhalten zu Reagentien 114.
— schwefelsaurer, als Reagens 82.
Kalkhydrat und Kalkwasser, als Reagens 66.
Kieselsäure, Entdeckung vor dem Löthrohre 280, in einfachen löslichen Verbindungen 291, 294, 299, in unlöslichen 303, in zusammengesetzten löslichen 326, 334, in zusammengesetzten unlöslichen 339, in Ackererden 367, in Brunnen- und Mineralwassern 355.
— Verhalten zu Reagentien 228.
Kieselsäuresalze, Analyse derselben 346.
Kieselfluorwasserstoffsäure, als Reagens 55.
— Verhalten zu Reagentien 212.
Kieselsäure, Verhalten zu Reagentien 228.
Kobalt, Verhalten 142.
Kobaltoxydul, Entdeckung in einfachen Verbindungen 290, in zusammengesetzten 322, 323.
— Verhalten zu Reagentien 142.
— salpetersaures, als Reagens 98.
Kochflaschen 40.
Kohle, zu Löthrohrversuchen 23.
— Entdeckung in Verbindungen 303, 339, in Silicaten 348.
Kohlensäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 293, in zusammengesetzten 331, 337, in Ackererde 369, 371, in Brunnen- und Mineralwassern 355, 358.
— Verhalten zu Reagentien 226.
Kohlenstoff, Verhalten 226.
Königswasser, als Reagens 54.
Krystallisation 8.
Kupfer, als Reagens 67.
— Verhalten 162.
Kupferoxyd, Entdeckung in einfachen Verbindungen 289, in zusammengesetzten 317, in Quellensintern 365.
— Verhalten zu Reagentien 162.
— schwefelsaures, als Reagens 87.

L.

Lackmuspapier 89.
Lanthanoxyd, Verhalt. zu Reagentien 130.
Lithion, Entdeckung in Mineralwassern 364.
— Verhalten zu Reagentien 108.
Löslichkeitstabelle 472.
Löthrohr 20.
Löthrohrflamme 22.

M.

Magnesia, Entdeckung in einfachen Verbindungen 292, 298.
— Entdeckung in zusammengesetzten Verbindungen 325, 328, in Ackererden 367, in Brunnen- und Mineralwassern 355.
— schwefelsaure, als Reagens 83.
— Verhalten zu Reagentien 115.
Mangan, Verhalten 138.
Manganoxydul, Entdeckung in einfachen Verbindungen 290, in zusammengesetzten 320, 326, in Ackererden 370, 371, in Mineralwassern 361.
— Verhalten zu Reagentien 138.
Marsh'scher Apparat 188.
Metalllegirungen, ihre Untersuchung 285.
Metallgifte, Entdeckung in Speisen, Leichnamen etc. 376.
Milchsäure, Verhalten zu Reagentien 266.
Mineralwasser, Analyse 357.
Molybdän, Entdeckung 417, 421.
Molybdänsäure, Verhalten zu Reagentien 201.
Morphin, Entdeckung in einfachen Verbindungen 453, in zusammengesetzten 456, in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 431.

N.

Narcotin, Entdeckung in einfachen Verbindungen 453, in zusammengesetzten 457, in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 434.
Natrium-Palladiumchlorür, als Reagens 88.
Natron, als Reagens 62.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 293, in zusammengesetzten 330, in Ackererden 370, in Brunnen- und Mineralwassern 355, in Silicaten 350.
— Verhalten zu Reagentien 103.
— ammon, phosphorsaures, als Reagens 97.
— borsaures, als Reagens 96.
— essigsaures, als Reagens 72.
— kali, kohlensaures, als Reagens 91.
— kohlensaures, als Reagens 72.
— phosphorsaures, als Reagens 71.
— salpetersaures, als Reagens 94.

Natron, schwefligsaures, als Reagens 74.
Nickel, Verhalten 140.
Nickeloxydul, Entdeckung in einfachen Verbindungen 290, in zusammengesetzten 322, 324.
— Verhalten zu Reagentien 140.
Nicotin, Entdeckung in Speisen etc. 458.
— Verhalten zu Reagentien 427.
Niobsäure, 134.
Niob, Entdeckung 415, 418, 421.
— Verhalten zu Reagentien 134.

O.

Osmium, Entdeckung 417, 421.
— Verhalten zu Reagentien 171.
Oxalsäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 294, 296, 299, 301, in zusammengesetzten 326, 333.
— Verhalten zu Reagentien 220.
Oxydationsflamme 21, 22.

P.

Palladium, Entdeckung 418.
— Verhalten zu Reagentien 169.
Palladium-Natriumchlorür, als Reagens 88.
Phosphor, Ausmittelung in Speisen etc. 391.
— Verhalten 213.
Phosphorige Säure, Verhalten zu Reagentien 226.
Phosphorsalz, als Reagens 97.
Phosphorsäure, Entdeckung in einfachen Verbindungen 294, 299, 301, in zusammengesetzten 326, 333, in Ackererden 369, 371, in Brunnen- und Mineralwassern 354, 360, in Silicaten 348, 351.
— dreibasische, Verhalten zu Reagentien 213.
— einbasische, Verhalten zu Reagentien 217.
— zweibasische, Verhalten zu Reagentien 217.
Phosphorsaure alkalische Erden, Entdeckung in einfachen Verbindungen 299, in zusammengesetzten 323.
Pikrotoxin, Verhalten zu Reagentien 450, Entdeckung in einfachen Verbindungen 454, in zusammengesetzten 455, in Speisen etc. 458.
Platin, Entdeckung in Legirungen 286.
— Verhalten 174.
Platinblech und Draht 40.
Platinchlorid, als Reagens 88.
Platinoxyd, Entdeckung in einfachen Verbindungen 289, in zusammengesetzten 314.
Platinoxyd, Verhalten zu Reagentien 174.
Platintiegel und deren Gebrauch 19, 40.
Porzellanschalen und Tiegel 40.
Präcipitation 9.
Probecylinder 40.
Propionsäure, Verhalten zu Reagentien 267.

Q.

Quecksilber, Entdeckung in Speisen, in Leichnamen etc. 376.
— Verhalten 156.
Quecksilberchlorid, als Reagens 86.
Quecksilberoxyd, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 289, in zusammengesetzten löslichen 317.
— Verhalten zu Reagentien 160.
Quecksilberoxydul, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 287, in zusammengesetzten 306.
— Verhalten zu Reagentien 156.
— salpetersaures, als Reagens 86.
Quellensinter, Analyse 365.
Quellsäure, Entdeckung in Ackererden 372, in Sintern 367.
Quellsatzsäure, Entdeckung in Ackererden 372, in Sintern 367.

R.

Reagentien 42.
Reductionsflamme 21, 22.
Rhodankalium, als Reagens 79.
Rhodium, Entdeckung 417, 421.
— Verhalten zu Reagentien 170.
Rubidiumoxyd, Entdeckung in Mineralwassern 364.
Rubidiumoxyd, Verhalten zu Reagentien 107.
Ruthenium, Entdeckung 417, 421.
— Verhalten zu Reagentien 172.

S.

Salicin, Verhalten zu Reagentien 449.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 454, in zusammengesetzten 458.
Salpetersäure, als Reagens 50.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 295, in zusammengesetzten löslichen 333, in Ackererde 370, in Brunnen- und Mineralwassern 355, 362.
— Verhalten zu Reagentien 248.
Salpetrige Säure, Entdeckung in Mineralwassern 359.
— Verhalten zu Reagentien 246.

Salzsäure, siehe Chlorwasserstoffsäure.
Schmelzen 18.
Schwefel, Entdeckung in unlöslichen Verbindungen 303, 339.
— Verhalten 241.
Schwefelammonium, als Reagens 68.
Schwefelcyankalium, als Reagens 79.
Schwefeleisen 56.
Schwefelkohlenstoff, als Reagens 46.
Schwefelmetalle, Entdeckung in einfachen Verbindungen 293, 301, in zusammengesetzten 331, 337, in Silicaten 348.
Schwefelnatrium, als Reagens 70.
Schwefelsäure, als Reagens 48.
— Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 294, 301, in unlöslichen 303 in zusammengesetzten löslichen 331, in unlöslichen 339, in Ackererden 370, 371, in Brunnen- und Mineralwassern 354, in Silicaten 348, 351.
— Verhalten zu Reagentien 211.
Schwefelwasserstoff, als Reagens 56.
— Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 293, in zusammengesetzten 331, in Mineralwassern 358.
— Verhalten zu Reagentien 241.
Schwefelwasserstoffwasser, als Reagens 60.
Schweflige Säure, Verhalten zu Reagentien 209.
Selen, Entdeckung 417.
Selenige Säure und Selensäure, Verhalten zu Reagentien 203.
Silber, Entdeckung in Speisen etc. 387.
Silberoxyd, Endeckung in einfachen Verbindungen 287, 303, in zusammengesetzten löslichen 306, in unlöslichen 339.
— salpetersaures, als Reagens 85.
— Verhalten zu Reagentien 155.
Silicate, Analyse derselben 346.
Sinter, Analyse 365.
Spectralanalyse 35.
Spectralapparat 36, 38.
Spirituslampe 25.
Spritzflasche 13.
Strontian, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 292, in einfachen unlöslichen 305, in zusammengesetzten löslichen 324, 327, in zusammengesetzten unlöslichen 339, in Mineralwassern 362, in Sintern 366.
Strontian, Verhalten zu Reagentien 112.
Strychnin, Verhalten zu Reagentien 440.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 454, in zusammengesetzten 457, in Speisen etc. 458.
Sublimation 18.

T.

Tantalsäure, Entdeckung 419, 421.
— Verhalten zu Reagentien 133.
Tellursäure, Entdeckung 417.
Tellurige und Tellursäure, Verhalten zu Reagentien 203.
Thallium, Verhalten 151.
Thalliumoxydul, Entdeckung 346, 415, 420.
— Verhalten zu Reagentien 151.
Thonerde, Entdeckung in einfachen Verbindungen 290, 299.
— Entdeckung in zusammengesetzten löslichen 320, 325, in zusammengesetzten, unlöslichen Verbindungen 339.
— Verhalten zu Reagentien 121.
Thorerde, Entdeckung 420, 421.
— Verhalten zu Reagentien 126.
Titansäure, Entdeckung 419, 421, in Silicaten 348.
— Verhalten zu Reagentien 132.
Traubensäure, Verhalten zu Reagentien 259.
Trichter 11, 41.

U.

Ueberchlorsäure, Verhalten zu Reagentien 251.
Ulminsäure, Entdeckung in Ackererde 373.
Unorganische Körper, Entdeckung bei Gegenwart von organischen 373.
Unterchlorige Säure, Verhalten zu Reagentien 247.
Unterphosphorige Säure, Verhalten zu Reagentien 247.
Unterschweflige Säure, Verhalten zu Reagentien 210.
Uranoxyd, Entdeckung 419.
— Verhalten zu Reagentien 150.

V.

Vanadoxyde, Verhalten zu Reagentien 153.
Vanadsäure, Entdeckung 417, 420.
Veratrin, Verhalten zu Reagentien 445.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 454, in zusammengesetzten 457, in Speisen etc. 458.
Verpuffung 20.

W.

Walderde, Analyse 367.
Wasser, als Reagens 45.
Wasser (Gewässer), natürliche, ihre Analyse 352.

Wasserbad 16.
Weingeistlampen 25.
Weinsteinsäure, als Reagens 51.
— Entdeckung in einfachen Verbindungen 296, in zusammengesetzten 334.
— Verhalten zu Reagentien 252.
Wismuth, Verhalten 165.
Wismuthoxyd, Entdeckung in einfachen Verbindungen 289, in zusammengesetzten 316, in Speisen etc. 387.
— Verhalten zu Reagentien 165.
Wismuthoxydhydrat, als Reagens 67.
Wolfram, Verhalten zu Reagentien 202.
Wolframsäure, Auffindung 415, 421.

Y.

Yttererde, Entdeckung 420.
— Verhalten zu Reagentien 127.

Z.

Zink, als Reagens 67.
— Verhalten 136.
Zinkoxyd, Entdeckung in einfachen Verbindungen 290, 299, in zusammengesetzten 320, 326, in Quellensintern 365.
— Verhalten zu Reagentien 136.
Zinn, Verhalten 176.
Zinnchlorür, als Reagens 87.
Zinnoxyd, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 288, in zusammengesetzten löslichen Verbindungen 314, in unlöslichen Verbindungen 339, in Speisen etc. 388.
— Verhalten zu Reagentien 178.
Zinnoxydul, Entdeckung in einfachen löslichen Verbindungen 288, in zusammengesetzten Verbindungen 314, in Speisen etc. 388.
— Verhalten zu Reagentien 176.
Zirkonerde, Entdeckung 419, 421.
— Verhalten zu Reagentien 126.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

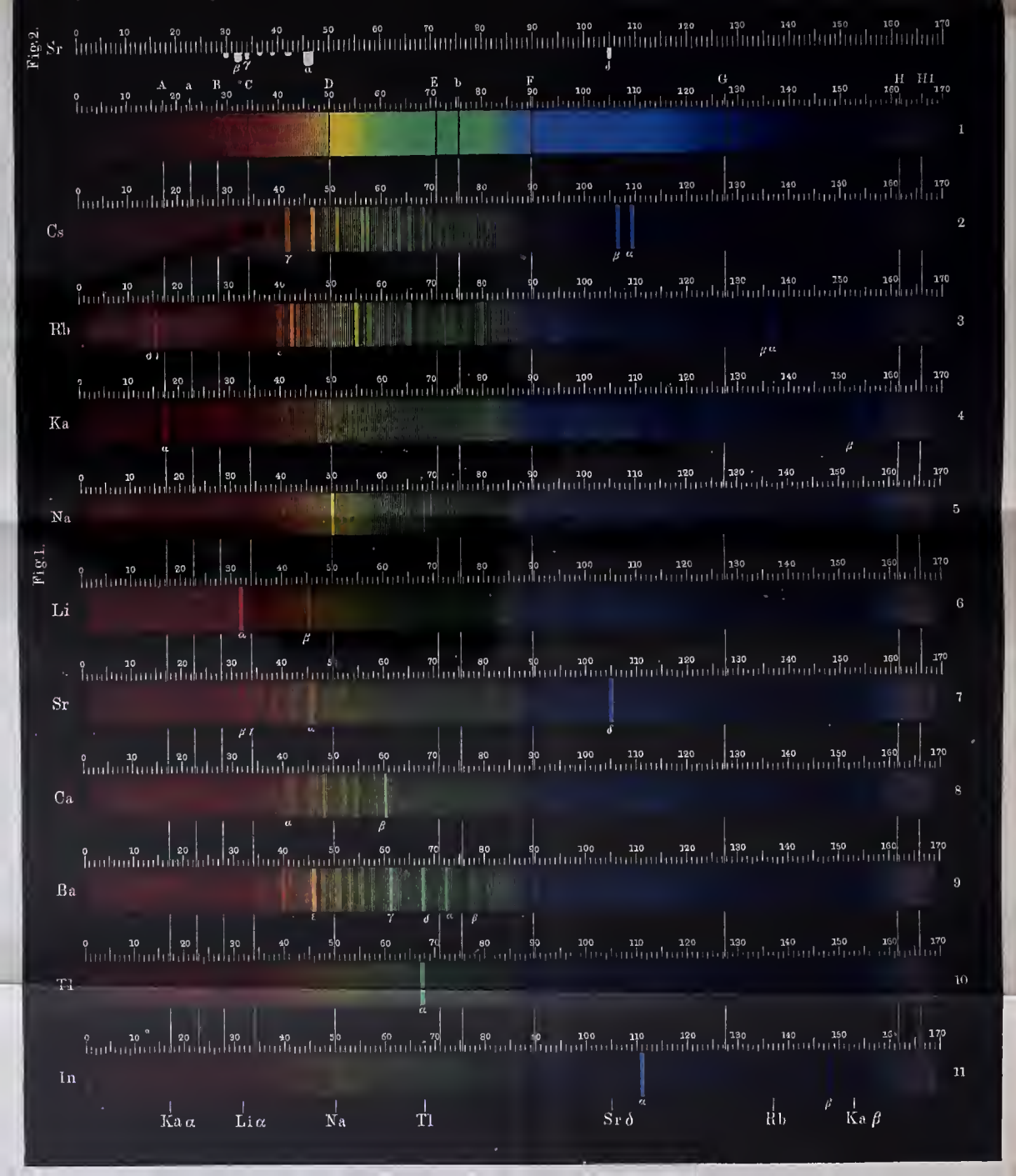
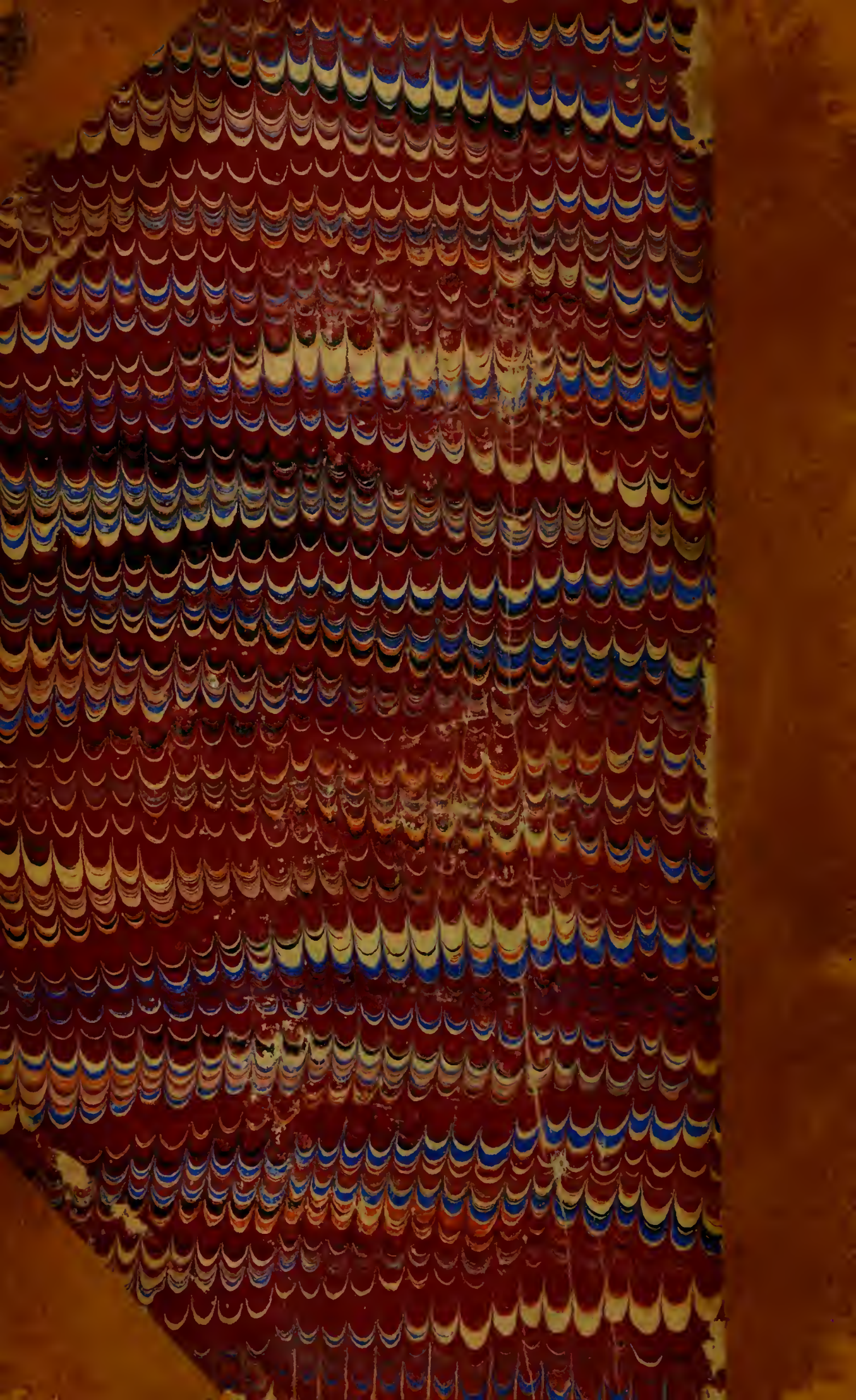


Fig. 2.
Sr
A a B C D E b F G H H1
1
Cs
2
Rb
3
Ka
4
Na
5
Fig. 1.
Li
6
Sr
7
Ca
8
Ba
9
Tl
10
In
11
Ka α
Li α
Na
Tl
Sr δ
Rb
Ka β